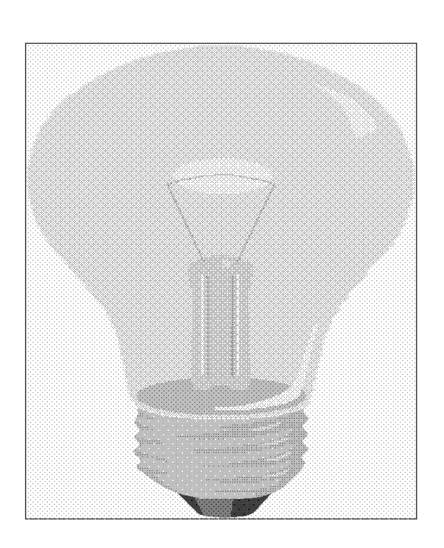
الطبعة الإلكترونية 2014

الإضاءة الكهربائية

خصائص الإضاءة

محمد حامد
كلية الهندسة ببور سعيد



القاهرة 1420

يحتوي الكتيب علي خصائص الضوء وشرحا لمصابيح الفتيلة والتنجستن هالوجين بجانب مصباح الفتيلة الكربونية ويقدم الصفات الفنية للتفريغ الغازي ومنها المصابيح الفلورسنت وكذلك النيون ثم ينتقل لمصابيح التفريغ عند الضغط العالي وأيضا المنخفض وهنا يعرض التحليل الرياضي مع نظرة شاملة ثم يتعرض إلي الإضاءة المسرحية وآلية إشارات المرور وأخيرا يقدم تطبيقات نمطية مثل الإستاد الرياضي والمركبات.

المحتويات

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

دخلت الإستخدامات الكهربائية في حياتنا المعاصرة بشكل مكثف وبصورة مركزة في كافة المجالات ومن أولها اهتماما كانت وسائل الوقاية التي لم تتوقف عند حد الإضاءة اليومية وخصوصا المنزلية إلا أنها انتشرت وجابت باقي المجالات الصناعية والزراعية بل وامتدت إلي الوسائل الطبية والعلاجية ولم تتوقف بل دخلت في الوقاية البشرية ضد الآفات والحشرات وغيرها.

يقدم هذا الكتيب نبذ ة بسيطة وسهلة عن الأسس الهندسية المتبعة واللازمة في هذا الصدد وأنواع الإضاءة المستخدمة وأكثرها انتشارا بجانب الميدان الجديد الذي انتقلت إليه الإضاءة كالإضاءة المسرحية والمرورية والتعامل مع الحاكمات المنطقية المبرمجة ومثالين بسيطين لتطبيقات نمطية حديثة أيضا ونتمنى أن تكون المادة العلمية في الكتيب مفيدة وهي تخدم المهندسين بكافة التخصصات والطلاب بالجامعات والمعاهد العليا الهندسية وكذلك الطلاب في المدارس الفنية والصناعية.

يجب التنويه عن أن هذ الطبعة الإلكترونية قد طورت من الشكل العام ومع الإحتفاظ بنفس المحتوي الأساسي للنسخة الورقية.

وهو علي وجه العموم كتيب مبسط لدرجة كبيرة مساهما في إزالة عثرات اللغة الأجنبية والتعامل المباشر مع أدق البيانات باللغة العربية يعين في الفهم، وقد عولجت الموضوعات التي وردت في هذا الكتيب بأسلوب مبتكر وأرجو أن أكون قد تبعت قول الله جل جلاله في سورة النحل:

بسم الله الرحمن الرحيم

(وسخر لكم الليل والنهار والشمس والقمر والنجوم مسخرات بأمره إن في ذلك لآيات لقوم يعقلون)

صدق الله العظيم

المؤلف

محمد حامد

الباب الأول

أهمية الإضاءة
Importance of Light

تلعب الإضاءة دورا مهما ومحوريا في الحياة وتتشعب الاستخدامات لشبكات الإنارة في مختلف النواحي الصناعية والزراعية والاجتماعية وغيرها ولا يقتصر دورها على أساليب التأمين والمعايشة اليومية بل يتعداه إلى السلامة والأمان في مناطق أخرى فمثلا عملية الإنتاج قد تتوقف تماما إذا كانت الإنارة دون المستوى المطلوب، ولقد حظيت موضوعات الإنارة بالدراسات المستفيضة سواء من ناحية الجوانب الأكاديمية النظرية أو تلك التطبيقية العملية لتواكب المتطلبات المتزايدة لمختلف أنشطة المجتمع.

من المعروف جيدا أن شبكات الإنارة تختلف اختلافا متباينا من حيث الاستخدام أو التصنيع فما يستخدم في المصانع والورش قد لا يصلح في المستشفيات كل حسب الهدف والغرض والعوامل البيئية المصاحبة له ولقد أدى ذلك إلى استنباط ما يسمى بنظم إدارة الإنارة والتي تحدد المواصفات الدقيقة والعملية لنظام الإنارة في مكان ما والتي تتكامل مع المنشأة الموجودة فيها للحصول على مميزات متعددة وحيوية، كما أنه بطبيعة الحال بعد التقدم الهائل في صناعة الطائرات فلقد استحدثت أنظمة صممت خصيصا لإنارة الطائرات في جميع حالات الطيران المختلفة سواء نهارا أو ليلا لأمان الطائرة وراحة الركاب، ولقد تطورت أنظمة إدارة الإنارة في العقدين المنقضيين بما يواكب التقدم العلمي للوصول بما يسمى حاليا الأنظمة الذكية للإنارة وهي التي تطبق حاليا في المكاتب المهمة والفنادق الكبرى العالمية والشركات المتقدمة.

تنمو وبصورة سريعة نظم إدارة الإنارة الذكية Expert Systems في كثير من البلدان المتقدمة مثل أمريكا وأوروبا وأيضا في أقطار الشرق الأقصى حتى وصلت إلى معدلات قياسية من التقنية والكفاءة، وجدير بالذكر هنا أن نحدد كمثال تطبيقي على أهمية هذه النظم ما أنفقته شركة الخطوط الجوية البريطانية خلال الفترة الماضية القصيرة ما يقرب من 200 مليون جنية إسترليني لبناء نظام إنارة خاص بها. ولأن شبكات الإنارة الآن تستهلك القدر الكبير من الطاقة فإن الطرق التقليدية القديمة في الفصل والتوصيل تصبح عديمة الفائدة بل ضارة أحيانا، ولهذا كان من الضروري البحث عن طرق

وأساليب توفر الطاقة الكهربائية وتكون آمنة في ذات الوقت . وأصبح متاحا اليوم العمل الآلي لتشغيل دوائر الإضاءة مباشرة فور هبوط مستوى الإضاءة في الموقع عن حد معين (حد مرجعي) فبذلك نستطيع التعامل مع هذه النظم وتكون ناجحة مع تكاثر السحب نهارا أو مع هبوط الليل أو مع الإظلام الداخلي في بعض المنشآت موفرة للطاقة بجانب أنها تعمل آليا ولا تحتاج إلي اليقظة في تشغيلها ، إضافة إلي نفس التشغيل الآلي بقطع التيار عن دوائر الإضاءة إذا ما ظهر النهار فمثلا عند بزوغ النهار أو ظهور النور.

وتتيح أنظمة الإدارة الحديثة في هذا المجال ليس فقط تلبية رغبات المستهلكين في الحال ومستقبلا وفي جميع المساحات باستخدام الحاسب الآلي علاوة علي الاستعانة بالأشعة تحت الحمراء مع مبينات أو كاشف حساس للضوء فتتحكم في دوائر منطقية قابلة للبرمجة مع الحاسب فتعمل علي التشغيل توصيلا أو فصلا حسب الاحتياج وقد أصبح فعلا هذا النظام مستخدما ولعدد هائل من المصابيح والمفاتيح مع تغيير مستويات الإضاءة في ذات الوقت علي التوازي أو في أزمنة متتالية لنفس الدائرة الواحدة.

يمكن الحصول علي الضوء من خلال عدة طرق منها:

1- **مرور تيار كهربائي في فتيلة والتي تصبح مصدرا حراريا يتحول إلي الطاقة الإضائية.**
2- **قوس كهربائي بين قطبين (معدن أو كربون) وهو ما يولد شرارة يمكن تحويلها إلي ضوءا ساطعا.**
3- **تفريغ كهربائي داخل بعض الغازات مثل بخار الصوديوم أو الزئبق أو النيون وهو ما يساعد علي التوهج الضوئي والأيوني داخل الوسط.**

كما يجب مراعاة ما يلي:

1- **شدة الإضاءة المناسبة لأداء العمل المحدد أو إضفاء اللمسة الجمالية حسب الأحوال.**
2- **كمية اللون المناسبة في هذا الضوء حتي لا تتأثر الصورة الواقعية بذات اللون الأصلي.**
3- **تجنب الإبهار الناتج عن شدة الضوء وهو ما يخل بالرؤية إلي جانب الإضرار بالعين البشرية.**
4- **تجنب الظلال الشديدة المعتمة وهي ما قد تضلل الرؤية الحقيقية.**
5- **الصيانة الجيدة والمستمرة لدوائر الضوء وملحقاتها.**

بنظرة تاريخية عن التطور الزمني لنوعيات الإضاءة علي المستوي العالمي والبشري نجد أنه كان النوع الزيتي أول مصابيح استخدمت للإضاءة في العصر الروماني منذ حوالي مائة عام قبل الميلاد ثم اكتشف همفري ديفي عام 1808 وجود شرارة دقيقة جدا باستخدام التيار الكهربائي عند تقريب سلكين بينهم مسافة صغيرة جدا موصلين بقطبي بطارية، ثم استخدمت المصابيح المملوءة بالغاز في الإضاءة الشوارع بباريس وأمريكا عام 1816 وكذلك أجريت تجارب متعددة في الفترة 1849- 1856 لتطوير مصابيح القوس الكهربائي الكربونية بواسطة كل من ستيني وبيتر، ثم في الفترة التالية 1870- 1898 تمكن هولمز من إضاءة بعض المنازل في مدينة لندن بواسطة مصابيح القوس الكربونية من مولدات كهرو مغناطيسية والتي تدار بالبخار، وفي عام 1876 اخترع الضابط الروسي جابلوشكوف مصابيح تحتوي على قطبين من الكربون موضوعين بجانب بعضهما وسمي هذا المصباح بالشمعة الكهربائية.

في 1878 أنتجت مصابيح القوس الكهربائي وفي عام 1879 اخترع توماس أديسون المصباح الكهربائي وكانت فتيلة هذا المصباح من الورق المكربن ، ثم مصابيح الورق المكربن فمصابيح فتيلة الخيزران المطلية بالكربون Carbonized Bamboo Filament Lamps وتلي ذلك استخدام أول نظام إضاءة كهربائي للشوارع بمصابيح القوس الكربوني المفتوح ثم تطورت في عام 1893 وأصبحت مصابيح القوس الكربوني المغلق هي المستخدمة Open Carbon Arc Lamp وقد تطورت صناعة المصابيح وأنتجت مصابيح أخرى مثل مصابيح القوس المشتعل Flaming Arc Lamps ومصابيح القوس المضيء Luminous Arc Lamp ثم في عام 1891 استخدمت مصابيح الفتيلة السيلولوز المطلية بالكربون Carbonized Cellulose Filament.

ثم في عام 1905 ظهرت أول مصابيح الفتيلة المعدنية Metallic Filament وفي نفس الوقت أنتجت مصابيح الأوزميوم Osmium Lamp ثم أنتجت مصابيح التنتاليوم Tantium Lamp وفي عام 1906 ذات فتيلة من معدن التنتاليوم. بعد ذلك أجريت تحسينات على مصابيح الفتيلة المعدنية حتى أنتجت المصابيح المملوءة بالغاز Gas Lamps وفي عام 1934 استخدمت مصابيح الصوديوم بشدة إضاءة أعلى (56 ليومن / وات) وكان عمر المصباح في حدود 4000 ساعة، وقد استخدمت لأول مرة مصابيح الزئبق في عام 1939. كما أنتجت تجاريا مصابيح تنجستن عام 1937 وتميزت عن المصابيح السابقة وظهرت في نيويورك المصابيح الفلورسنت الأنبوبية الموفرة للطاقة في الفترة 1938 – 1939 وتحتوي على دائرة تسخين متقدم لبداية التشغيل وفي عام 1944 تم تشغيلها بدائرة بداية التشغيل اللحظي.

وفي عام 1952 استخدمت دائرة بداية التشغيل السريع وفي عام 1978 أنتجت المصابيح الفلورسنت الأنبوبية ذات قطر أقل من سابقيها وبنفس الأطوال ومنذ سنوات أنتجت المصابيح الفلورسنت ذات القطر 16 مم، وبعد ذلك تعددت الأبحاث لإنتاج المصابيح الفلورسنت المدمجة ثم أنتجت في 1991 مصابيح الحث الكهربائي Induction Lamp أو تلك بدون أقطاب المصابيح الفلورسنت المدمجة Electrodeless Lamp ثم في 1996 ظهرت المصابيح الفلورسنت المدمجة الحلزونية Helix Compact Fluorescent Lamp. وقد تم حصر الطاقة المستهلكة في الإضاءة بمصر لمدة عام طبقا لتقارير هيئة كهرباء مصر كما في الجدول رقم 1-1 بالنسبة المئوية لإستهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة للإضاءة من الطاقة الكلية.

الجدول رقم 1-1: استهلاك الطاقة الكهربائية في الإضاءة بمصر

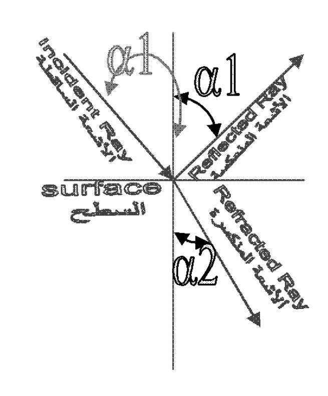
القطاع	جيجا وات ساعة في العام	الإضاءة (%)	القطاع (%)
السكاني	4622	73	38
تجاري	858	14	50
صناعي	447	7	2
حكومية وأخرى	365	6	7
إجمالي	6292	100	97

1 - 1 : خصائص الضوء Light Performance

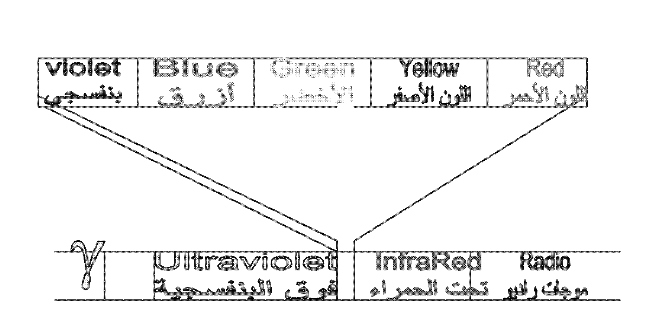
الضوء عبارة عن طاقة وهي لذلك تتحول من أي من صور الطاقة كهربائية كانت أو كيميائية أو غيرهما وهي تنطلق في خطوط مستقيمة داخل الوسط medium وتكون سرعته 3×10^8 سم/ث في الفضاء Space وتقل عن ذلك في الهواء Air والمعادن والسوائل ، ولكل وسط معامل انعكاس reflecting وآخر للمرور refracting داخل الوسط الجديد وهذا ما يظهر في الشكل 1 - 1 حيث أن سرعة الضوء تتحدد بالمعادلة:

سرعة الضوء = طول موجة الضوء × ذبذبة الموجة (1-1)

فمثلا طول موجة الأشعة فوق البنفسجية 400 نانو متر بذبذبة 7.5×10^{14} هيرتز بينما طول الموجة تحت الحمراء هو 750 نانو متر بذبذبة 4×10^{14} هيرتز عند مرور أي موجة من وسط إلى آخر لا تتغير الذبذبة ولكن يتغير كل من طول الموجة وسرعتها تبعا للمعادلة رقم 1-1. ينتج الإشعاع الضوئي كموجات كهرومغناطيسية electromagnetic waves من خلال العمليات الفيزيقية والكيميائية المختلفة وحيث أننا بصدد الإشعاع الضوئي radiation of light فقط في نطاق الرؤية البصرية vision range (380 – 780 نانو متر) إضافة إلى الموجات فوق البنفسجية ultra violet وتحت الحمراء infrared حيث أصبح متاحا تحويلها إلى مجال الرؤية ويتضح من الشكل رقم 1 – 2 أن الموجات المختلفة تتزايد وتتناقص بينما الموجات الضوئية تقبع في الوسط تقريبا وكلما تحركنا طرفيا تقابلنا مع الأشعة الضارة والخطرة مثل جاما وغيرها، كما ينتج الإشعاع المرئي عموما من:



الشكل رقم 1-1 : انعكاس الضوء



الشكل رقم 1-2 : الأشعة المرئية

1- التوهج luminous through over heating نتيجة سخونة السوائل أو المعادن الصلبة في درجات حرارة عالية جدا تصل إلي حد الانصهار وما يصاحبها من إشعاع ضوئي.

2- التفريغ الكهربائي electric discharge بمرور التيار في الغازات وناتجها من توهج إضائي داخل الوسط المتعرض للتفريغ الكهربائي.

3- عادة الإشعاع radiation بعد امتصاصه مثل المواد الفسفورية والفلورية .

4- من خلال الديناميكية الإليكترونية بالتصادم electron collisions منتجا "فوتون".

5- من خلال العمليات الكيميائية chemical والحرارية لبعض المعادن.

يبين الجدول 1 - 2 توزيع شدة الاستضاءة (فوتو متري) الفيض الضوئي تبعا للاتجاهات والزاوية الفراغية.

الجدول رقم 1 - 2: أنواع الإضاءة

ضوء	اتجاه الأشعة	ضوء أعلى (%)	ضوء أسفل (%)	التأثير
مباشر		10 – 0	-90 1000	تركيز الضوء إلي أسفل ويقل علي السقف ويجب أن يكون عاليا للحصول علي شدة متساوية وتجنب الإبهار
مباشر بشكل رئيسي		40-10	90-60	تركيز الضوء إلي أسفل ويقل علي السقف ويجب أن يكون عاليا للحصول علي شدة متساوية وتجنب الإبهار
بالتساوي		60-40	40-60	لا يظهر الإبهار ويضيء السقف مع ظلال ضعيفة ويكون التعليق بعيدا عن السقف ويكون متجانسا في التوزيع وقد تستخدم المنضدة لمثل هذه النوعية
غير مباشر بشكل رئيسي		90-60	10-40	لا يظهر الإبهار ويضيء السقف مع ظلال ضعيفة ويكون التعليق بعيدا عن السقف
غير مباشر		100-90	10-0	الظلال شديدة ويصلح في أعمال الديكور بشكل عام كما لا يوجد إبهار
غير مباشر		100-90	10-5	الظلال شديدة وهي الضوء الشائع كما أنه يصلح لأعمال التصوير فوتوغرافي وسينمائي وأعمال الديكور ويقضي علي أي إبهار

ويظهر الجدول الأنواع المتباينة من أشعة الضوء ومستوى استخدامها في شتى الميادين حيث ننتفع بها في الدوائر الكهربائية الحساسة لحماية المتاحف بل وفي الكشف عن الدخان أو عن مسببات الحريق إلي غير ذلك من المهام وهي كلها نافعة للإنسان كما لا يفوتنا أشعة الليزر بمنافعها ومضارها في القرن العشرين وما سوف ينتجه القرن الحالي من معجزات ضوئية مقبلة، وبعد ما سبق تقديمه بصورة عامة عن الضوء نستعرض خصائصه في السطور التالية.

أولا : الوحدات الهندسية Engineering Units

نتعرض في هذا الجزء للتعاريف المختلفة definitions للوحدات الضوئية والتي تنتج من المصابيح الكهربائية فالمصباح الكهربائي أيا كان نوعه هو أداة لتحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية وذلك عن طريق مرور تيار كهربائي عبر وسط ما وهو الذي يحدد نوعيته وخصائصه خصوصا وإننا سنتعامل مع أنواع عديدة من المصابيح الكهربائية حيث يختلف كل نوع عن الآخر من حيث التصميم والأداء تبعا للغرض من المصباح وأهمها هو الإنارة، ويمكن الاعتماد علي الأسطح العاكسة للضوء والتي تعتبر بدورها مصادر ضوئية ثانوية كما أظهر ذلك الجدول رقم 1 - 2، ومن هذه الوحدات:

1- الفيض الضيائي Luminous Flux

الفيض الصيائي عبارة عن كمية الإشعاع الضوئي الخارجة من منبع مضيء (مصدر الضوء) في الثانية الواحدة شدته 1 كانديلا على مساحة 1 م ^{2} ووحدة الفيض الضوئي هو اللومن ويرمز لها بالرمز المختصر (*lm*).

2- كمية الضوء Quantity of Light Q

تعرف كمية الضوء الخارجة من مصباح معين في زمن معين بأنها

$$Q = \phi t \qquad (lm.\ S) \qquad (1\text{-}1')$$

حيث t هي الفترة الزمنية و ϕ هو الفيض الضيائي لهذا المصباح.

3- كفاءة الإضاءة Luminous Efficiency

تتحدد بالنسبة بين شدة الضوء بوحدات الليومن إلي كل وات من الطاقة المنتجة له فمثلا المصباح المستهلك لطاقة 100 وات وينتج ضوءا قدرته 500 ليومن فتكون كفاءته هي 500 / 100 أي 5 ليومن / وات.

4- الاستضاءة E Illumination

هي تلك الكمية الساقطة من الفيض الضوئي علي سطح مساحته الوحدة أي أنها تعادل الوحدة (lm/m^2) وهي الوحدة الجديدة والتي تسمي اللوكس حيث (اللوكس = ليومن / مربع المتر) وتأخذ الصيغة:

$$E = d\phi / ds \qquad (1\text{-}2)$$

5- شدة الإضاءة (I) Luminous Intensity

تعرف بأنها كمية الفيض الضوئي الساقط علي مساحة ما بالنسبة إلي الزاوية الفراغية المقابلة لهذا السطح عند المنبع الضوئي ووحدتها الكانديلا والتي تعبر عن قوة الضوء الساقط علي مساحة الوحدة 1 سم^2 ($I = \phi$ /solid angle).

6- النصوع (L) Luminance

يقاس بهذا المعامل شدة الضوء الصادر عن منبع ضوئي أو ذلك المنعكس عن ضوء أساسي آخر وهو محدد الاتجاه ويتحدد لكل نقطة علي حدة علي كل سطح ويمثل شدة النصوع علي المساحة الساقط عليها وبذلك تصبح وحداته هي كانديلا / سم^2 ($L = I / A$).

7- الانعكاسية Reflectance

يظهر الضوء المنعكس من الأسطح المواجهة لمنبع الضوء وتكون أكثر تجانسا من ضوء المنبع الرئيسي ولكنها بقدر أقل بمعامل أقل من الواحد الصحيح ولذلك يكون:

الضوء المنعكس = الضوء الساقط × معامل الانعكاس (3-1)

8- معامل الاستهلاك Depreciation Factor

يتأثر هذا المعامل بعمر الفتيلة وهو ما يتبع الصيغة:

$$\text{معامل الاستهلاك} = \frac{\text{الفيض الفعلي}}{\text{الفيض الأقصى في بداية التشغيل}} \qquad (4\text{-}1)$$

9- معامل الاستفادة Use Factor

يعبر هذا المعامل عن النسبة بين كلا من الضوء الساقط والضوء الأصلي الصادر عن المنبع الضوئي ويتم التعبير عنه بالمعادلة

$$\text{معامل الاستفادة} = \frac{\text{الفيض المستغل فعلا}}{\text{الفيض الكلي بالمنبع}} \qquad (5\text{-}1)$$

وفي الواقع الفعلي يتراوح هذا المعامل بين 70 و 80 % وهو يعتمد علي

(أ) الأسطح العاكسة وهي تتمثل في الحوائط والسقف وألوانها ولذلك نلجأ إلي الأولان الفتحة كي تعطي سطحا عاكسا جيدا للضوء.

(ب) ارتفاع المصدر الضوئي عن السطح المضاء ختي يعطي مدي إضائي بزاوية أكبر.

(ج) زاوية الضوء الموجه إذا ما كان المصدر موجها مثل التعامل مع الضوء المركز ومنها الليزر.

من الهام العلم بالتحويلات بين الوحدات ومن أهمها تلك الآتية:

(1 لومن / قدم ^{2} = 10.764 - لومن / متر ^{2} = 1 قدم كانديلا ، 1 لومن / متر^2 = 1 لوكس = 0.093 لومن / قدم ^{2})

10- معامل الصيانة Maintenance Factor

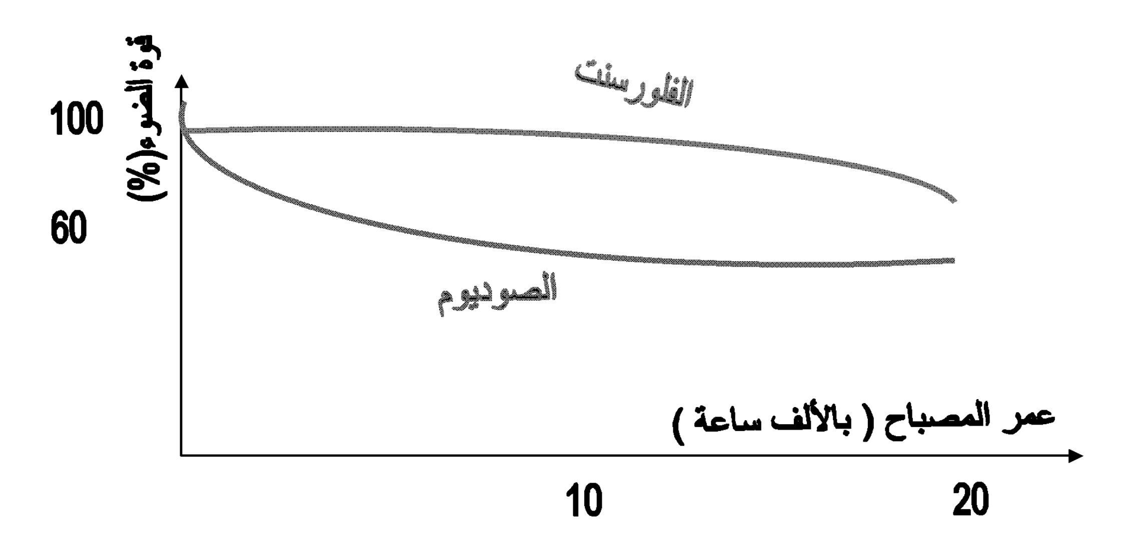
يعتمد هذا المعامل علي المتابعة والصيانة ويتأثر بالنظافة وهو عادة في حدود متباينة تبعا لمكان الاستخدام الضوئي فالمكاتب معامله 0.8 بينما للورش حيث الأتربة يصل إلي 0.4 كما تظهر درجة الحرارة كمؤثر هام في هذا المجال وخصوصا قي المناطق الحارة وما ينعكس علي وحدة الإضاءة وما يستلزم من ضرورة الاعتماد علي مساعدات لتمرر الحرارة من حول وحدات الإضاءة لتقليل درجة الحرارة ويأتي الغبار والمنتشر في الأجواء وخصوصا تلك القريبة من المصانع الأسمنتية وما يماثلها لما تسببه من خفض شدة الإضاءة أو الحاجة المستمرة للصيانة والنظافة وضرورة الاعتماد علي النظم المغلفة من وحدات الإضاءة covered units ثم يظهر التأثير الآخر وهو الرطوبة والماء في المناطق الممطرة أو تلك المستخدم فيها رشاشات المياه ولذلك يجب أن تكون وحدة الإضاءة مانعة للصدأ ومانعة للتسرب المائي أو الرطوبة عموما وتستخدم في هذا النطاق الألياف الزجاجية ولذلك يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم لهذه الأعمال معامل الصيانة والاستفادة أيضا بأن يرفع القدر المطلوب بالصيغة

$$\text{شدة الضوء بالتصميم} = \frac{\text{شدة ضوء المصدر حسابيا} \times \text{المساحة المنارة}}{(\text{معامل الاستفادة} \times \text{معامل الصيانة})} \qquad (6\text{-}1)$$

11- حد الإبهار Glare Limit

يتحدد هذا الحد بمدي القدرة علي الرؤية وبالنسبة للإنسان فلها الحدود البصرية المعروفة وكل ما يفوق هذا الحد يصبح في مجال الإبهار ويكون ضارا للعين المجردة ويجب أن نبتعد عن احتمالات حدوثه في أعمال التصميم.

الشكل رقم 1-3 : تأثير عمر تشغيل المصباح



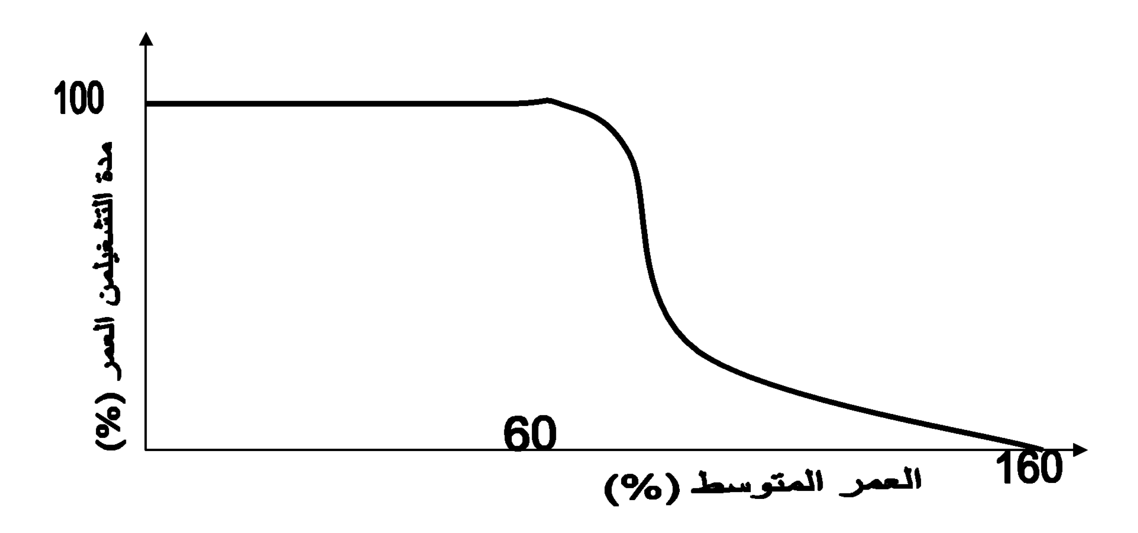
ثانيا : المصابيح الكهربائية
Electric Lamps

تتعدد أنواع المصابيح الكهربائية وأشكالها ونظريات عملها والغرض منها ولكنها تشترك في بعض الصفات الأساسية والتي لا غنى عنها عند التعامل معها واختيار الأمثل منها وذلك ينحصر في أهم الخصائص العامة والمميزة لها عند المقارنة أيضا وهي والتي تنحصر في:

(b) شدة الضوء Luminance

تعتمد شدة الضوء علي اتجاه الضوء وهو عادة ما يكون مطلوبا في كل الاتجاهات خصوصا مع الحديث منها ولكن ذلك يتناقص بالتقادم وتقاس شدة الإضاءة الابتدائية للمصباح الفلوري بعد مرور 10 ساعات تشغيل متواصل كي تتزن القدرة الإضائية والتي تتآكل مع الزمن بترسيب داخلي علي حائط

المصباح ويبين الشكل رقم 1-3 متوسط عمر المصباح وتأثره بالتقادم فمثلا يقاس 50 % من عمر مصباح الصوديوم ضغط عالي بينما 40 % للمعادن الهاليد .



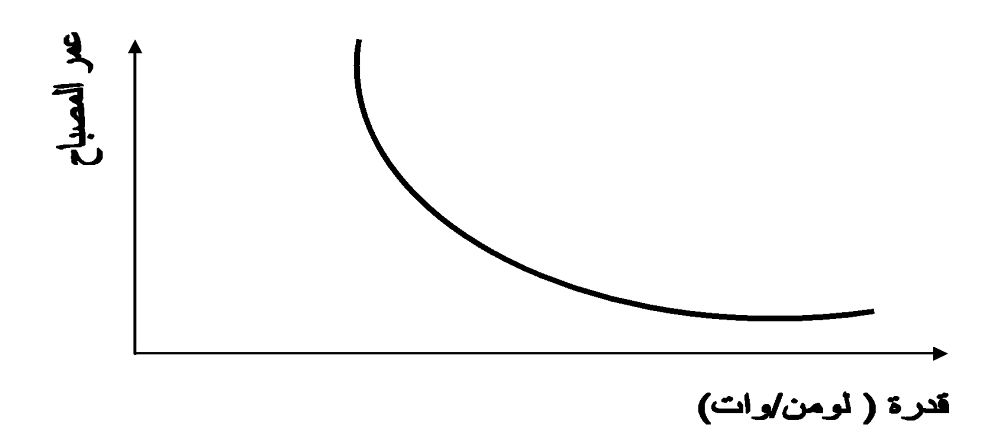
الشكل رقم 1-4: منحني عمر المصباح (قياسي)

2- الكفاءة الضوئية Efficiency

سبق الإشارة إليها وتقدر بحوالي 20 % للمصباح الفلوري حيث يستبعد الفقد في الملف الخانق ولذلك تقدر الكفاءة بالقدرة الداخلية للدائرة.

3- اللون Color

يمثل اللون الضوئي خاصية هامة للمقارنة ولهذا نضع معاملين هامان في مجال الإضاءة وهما: المعامل الحراري للون correlated color temp (CCT) وكذلك المعامل مؤشر تغير اللون color rending index (CRI) .



الشكل رقم 1-5 : عمر المصباح

4- العمر المتوسط Age

يقدم الشكل رقم 1-4 مدى تأثر عمر المصباح وهو ما يعادل في المتوسط 20 ألف ساعة تشغيل ويعطي الشكل رقم 1-5 تأثير القدرة الضوئية علي عمر المصباح.

5- التكلفة Cost

وهي من العوامل الهامة للمقارنة ويشمل تكلفة المصباح والملحقات وتكلفة التشغيل والصيانة وملحقات المصباح من عاكس وملف خانق أو بادئ وغيره.
كما يمكن تقسيم المصابيح إلي النوعيات التالية:

(أ) المصابيح الطبية medical Lamps مثل مصابيح الشمس وتلك القاتلة للجراثيم وغيرها.
(ب) مصابيح مسرحية وسينمائية Theatre Lamps وهي تلك التي تضئ مناطق محدودة وبتركيز عال حيث تستخدم العدسات المختلفة وتصمم لمسافات متباينة مثل مصباح الزينون.
(ج) مصابيح الوقاية الآلية Protection Lamps مثل تلك المستخدمة في حماية البنوك والمتاحف وغيرها وقد يستعان بضوء الليزر في هذا الصدد.

(د) مصابيح الإضاءة العادية Light Lamps وهي الأكثر شيوعا وهي في الحقيقة تنقسم بدورها إلي:

النوع الأول: مصابيح الفتيلة Filament Lamp

حيث تعتمد علي نظرية التوهج الناتج للضوء خصوصا مع تلك المواد التي تتحمل درجات الحرارة العالية والتي تتضمن كلا من:

1- المصباح المتوهج Incandescent Lamp حيث تصل أحيانا إلي 2400° م وتحتوي علي جميع الألوان بالرغم من تغلب اللون الأحمر والأصفر وتصنع الفتيلة من تنجستن وتوضع داخل قارورة من الزجاج الشفاف مفرغة الضغط.

2- مصباح تنجستن – هالوجين Tungsten – Halogen Lamp حيث يدخل فيها بخار تنجستن ويترسب مع الاستعمال والتشغيل ويترسب علي الجدار الداخلي ولذلك يضاف النيتروجين والأرجون فيها للتغلب علي هذا البخر.

3- مصباح القوس الكربوني Carbon Arc Lamp ويصلح للتيار المستمر أو المتردد وعادة ما تكون الثغرة الحادث بها التفريغ في حدود 3 – 6.5 مم.

النوع الثاني: مصابيح التفريغ الغازي Gas Discharge Lamps

وهذا النوع متباين ومتعدد وهي تنقسم إلي فرعين فمنها:

(أ) مصابيح ذات مستوى إضاءة متوسط Normal Level وهي:

1- مصباح الفتيلة

2- المصباح الفلوري Fluorescent Lamp

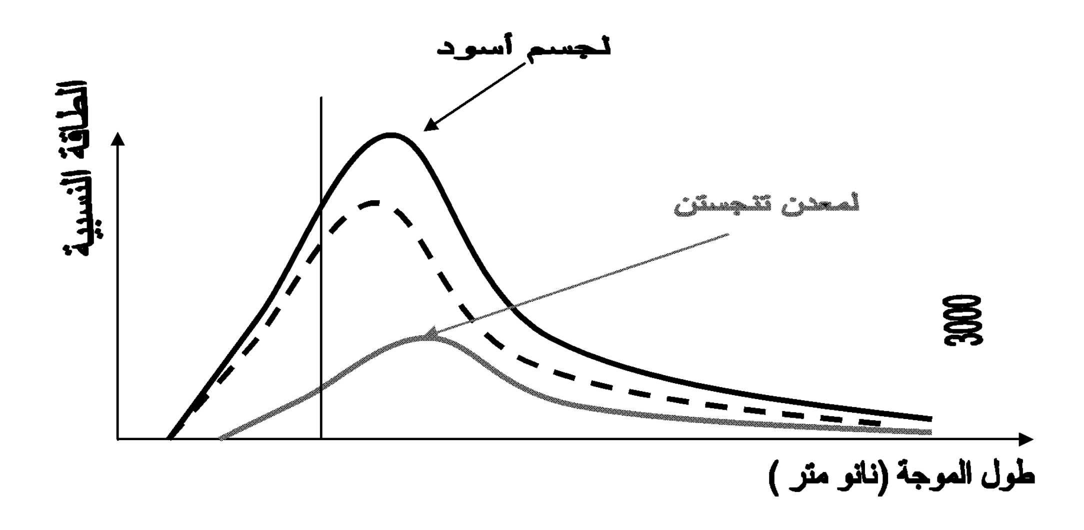
(ب) مصابيح عالية شدة الإضاءة High Level ومنها ما يلي :

1- مصباح الصوديوم Sodium Lamp

2- مصباح الزئبق Mercury Lamp

3- مصباح الهاليد المعدني Metal Halid Lamp

بعد هذا التحديد لأنواع المصابيح الكهربائية ننتقل إلي الصفات الفنية والهندسية التي تتعلق بها في إطار مركز.

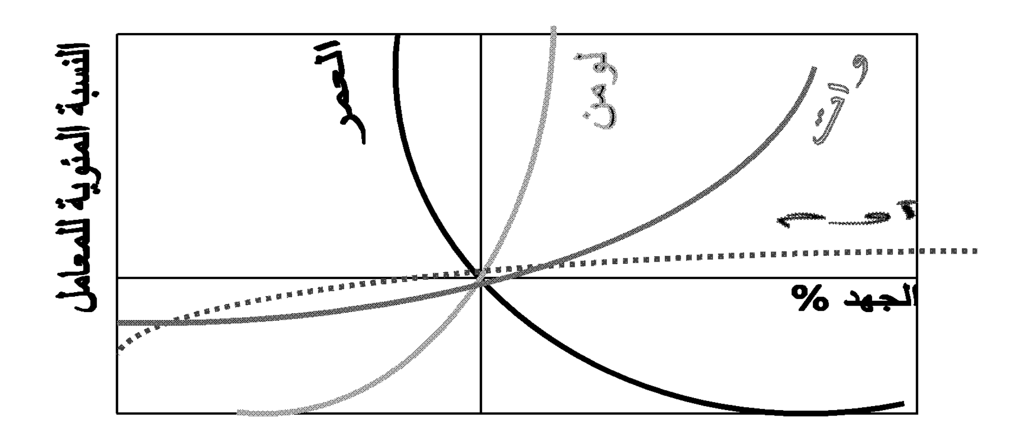


الشكل رقم 1- 6: الطاقة الإشعاعية

2-1 : مصباح الفتيلة Incandescent Lamp

هذا النوع من المصابيح يعتمد علي مرور تيار كهربائي في فتيلة معدنية مسببا توهجها فتصدر ضوءا بجانب هذه الحرارة العالية نتيجة لتحرير الإلكترونات من مداراتها فتصبح حرة ، ولما كانت الفتيلة تعمل عند درجات الحرارة المرتفعة كي تصدر الضوء فكان لزاما أن تصنع من مادة غير سريعة الانصهار ولذلك كانت مادة تنجستن هي المناسبة لمثل هذه الظروف ويضاف في وعاء المصباح غاز خامل تحت ضغط بخار منخفض ليعمل علي تبريد الفتيلة مرتفعة الحرارة من جهة ويمنع عنها التفاعلات الكيميائية فيحميها من الصدأ من الجهة الأخرى ويجب أن تكون الفتيلة قادرة علي الإشعاع ولها مقاومة مناسبة لهذا التشغيل (الشكل رقم 1-6). من طبيعة هذا النوع أن الضوء، وما يصدره من أشعة مرئية والصادر عن التوهج، يغلب عليه اللون الأصفر والأحمر بينما يحتوي علي الألوان الأخرى بمعدلات ضعيفة مثل اللون الأزرق والأخضر مثل ضوء النهار مسببا الزيادة الحرارية المعتادة والتي تصل إلي 2300 درجة كلفن، ولأنها أول المصابيح التي عرفت في التاريخ فعمرها أصغر من غيرها من

الأنواع الأحدث حيث يتراوح بين 100 و 2000 ساعة تشغيل وتعتمد الفتيلة علي كمية الحرارة المفقودة بالإشعاع لأن الانتقال الحراري ضئيل ويهمل.



الشكل رقم 1- 7: تأثير الجهد

جدير بالذكر أن التصنيع الحالي لمادة الفتيلة يحتوي علي القليل من الألومنيوم أو البوتاسيوم أو السليكون مع تنجستن لأن هذه الإضافة تزيد من صلابتها الميكانيكية يظهر من الشكل أن مادة تنجستن تشع فقط 75 % من الإشعاع الكلي للجسم الأسود لنفس درجة الحرارة وتزيد هذه النسبة كلما ارتفعت هذه درجة الحرارة حيث نجد الأعطال الدائمة في هذه المصابيح يحدث مع لحظة بدء تشغيل المصباح لأن الفتيلة تتلقى تيارا يعادل 14 مرة مثل التيار المقنن لها.

من المتاح زيادة عمر المصباح (الشكل رقم 1- 7) من هذا النوع عن طريق تقليل (جهد تشغيلها) فرق الجهد عليها ولكن هذا يصاحبه كثافة أعلي لتواجد اللون الأحمر والأصفر فتؤثر علي كفاءة الألوان بها وما يتبع ذلك من قلة شدة الإضاءة وكفاءتها الكلية وهما المعاملان المرتبطان بقيمة الجهد بين طرفي المصباح علي النقيض مع معامل عمر تشغيلها ، كما أن درجة الحرارة العالية تساعد علي تقليل عمر المصباح من هذا النوع – وتتميز هذه المصابيح الكهربائية بالثمن الهزيل بجانب عدم الحاجة لصيانتها وسهولة تغييرها وتركيبها والأمان في التعامل معها ولا يلزمها أية ملحقات إضافية مثل المحولات أو الملفات الخانقة أو بادئ للتيار أو أي من أدوات التحكم في الجهد أو التيار وغالبا ما تنصهر الفتيلة بانتهاء عمر المصباح.

أولا : أنواع مصابيح تنجستن

تتنوع هذه المصابيح حسب الشكل الخارجي تبعا للمواصفات القياسية في أسلوب هندسي كما يلي:

النوع الأول: المصباح شكل A

هو المصباح القياسي المعروف والذي يعطي الضوء في كافة الاتجاهات ما عدا جهة التثبيت مثل المصابيح المستخدمة في المنازل.

النوع الثاني : المصباح شكل R

يصاحب هذا النوع عاكس ضوئي داخلي من الألومنيوم يعمل علي توجيه الضوء في اتجاه واحد للخارج وبذلك تكون الكفاءة الضوئية أعلي من السابق ويرتفع أيضا سعره عن سابقه ويعتمد شكل الضوء الصادر علي نمط وشكل العاكس الداخلي.

النوع الثالث : مصباح القضيب

Par Lamp

يكون الغلاف الزجاجي أكثر سمكا من النوعين السابقين حيث يحتوي علي قضيب من الألومنيوم يعمل علي عكس الضوء الصادر عن الفتيلة Parabolic Aluminum Reflector وهو مكون من قطعتين من الزجاج بينما العاكس يأخذ شكل القطع الناقص كي نصل إلي تركيز أعلي وهو مثل النوع ضوء البقعة spot light.

النوع الرابع: المصباح البيضاوي

يأخذ العاكس الشكل البيضاوي في بؤرته الداخلية الفتيلة بينما له بؤرة خارجية لتلتقي مع الأشعة المنعكسة من العاكس الداخلي (فتيلة وهمية) فتعمل علي توزيع الضوء بكثافة عالية وهي قريبة الشبه من النوع R ولذلك يقل الفقد كثيرا في هذه النوعية.

مجموعة النوع الخامس: مصابيح الديكور

تستخدم هذه النوعيات في أعمال الإضاءة الخاصة فالنوع F يستخدم في أعمال الديكور والنوع T يصلح لوحدات الإضاءة الطويلة مثل التماثيل وواجهة المباني أو القصيرة المناسبة للوحات الفنية أما النوع G فهو يناسب الأشكال الكروية.

النوع السادس: مصباح عالي الكفاءة

High Efficiency Incandescent

هو النوع الحديث من نوعية المصباح المتوهج ويستعمل بكفاءة في كافة الأعمال الصناعية والمعملية ويتميز بقلة استهلاك الطاقة الكهربائية.

ثانيا : أحجام المصابيح Size

المصابيح ذات الفتيلة يتحدد حجمها من خلال القدرة الكهربائية المستهلكة (watt) ومضروب الرقم 8/1 بوصة تعني أن المصباح القياسي (19 A 100) يستهلك 100 وات وهي من نوع A ونصف قطرها (1/ 8) × 19 = 2.375 بوصة. ويأتي هذا المصباح أحيانا على شكل أسطح ناشرة تقلل من الإبهار الضوئي الناتج عن الضوء الشديد الصادر من الفتيلة حيث تطلي بسليكون أو بطبقة تشبه المطاط تقيها من التغير السريع بتأثير الحرارة وتحمي الزجاج من الشرخ ومن التفتت عند انكسارها. وتسمى هذه المصابيح الكهربائية ذات الأداء الشاق باسم rough duty كما توضع أحيانا فتيلة مقاومة للاهتزاز ويسمي المصباح في هذه الحالة مقاوم للاهتزازات Vibration Resistance ويمكن تصنيع هذه المصابيح الكهربائية عند درجات حرارة مختلفة لأغراض التصوير كما يمكن إنتاج مصابيح خاصة تنتج كميات هائلة من الضوء تستعمل للعرض Projection. هناك مصابيح الأشعة تحت الحمراء ذات الطول الموجي الكبير والتي تشع حرارة يمكن توجيهها مثلما يوجه الضوء وهي ذات عمر طويل المدى فعمرها الافتراضي حوالي 5000 ساعة فقط.

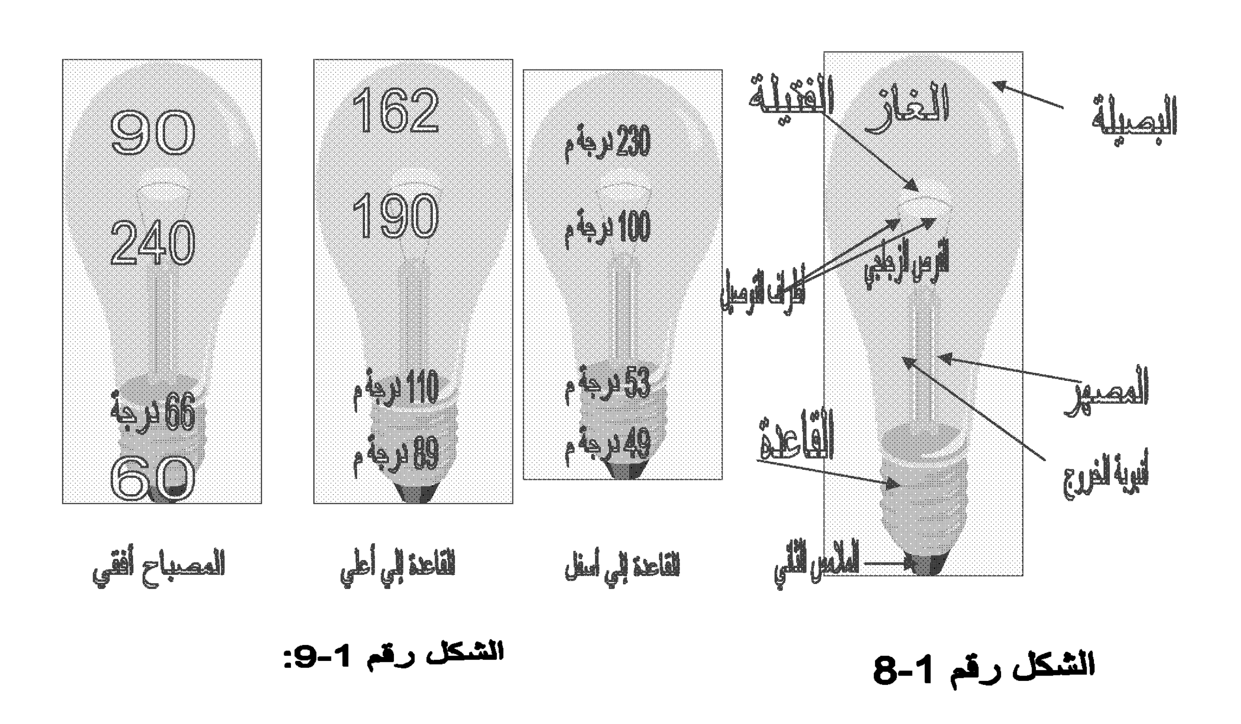
وهناك أيضا مصابيح النمو الخاصة Grow Lamps التي تعمل على تكبير الطيف المرئي حتى تنمو النباتات بشكل أفضل. وهذا النوع من المصابيح الكهربائية له استعمالات عديدة كما يمكن تصنيعها بطرق خاصة لتخدم أغراض معينة مثل: استعمالها في مصايد الذباب والحشرات وهو استعمال خاص بالطول الموجي والطيف المرئي للضوء الناتج عن هذه المصابيح الكهربائية – فيركب أحيانا مرشح ضوئي Filter خاص يزيل جانبا من الطيف المرئي لسيطرة ألوان أخرى تجذب الحشرات وهناك أنواعا منها ذات مرشح للاستخدام في حالات خاصة مثل التصوير السينمائي والتحميض الفوتوغرافي. وقد بدأت هذه المصابيح الكهربائية بأسلوب التفريغ التام لمنع الأكسدة وترسيب البقع السوداء علي الجدار الداخلي (ظاهرة التسويد)، إلا أنه بخلط الغازات المتباينة تحسن الأداء.

ثالثا : الملحقات Accessories

تشمل الملحقات كل ما يتعلق بالمصباح ويكون لازما للتركيب أو التشغيل ومن ثم نضع أهم هذه الملحقات علي النحو التالي:

1- الدواية Holder ومنها نوعين هما اللولبية (قلاووظ) أو مسمار تبعا لنوع المصباح ومن كل من النوعين يوجد مقننين عادي وصغير إلي جانب تلك الأنواع غير القياسية لتصميمات خاصة.

2- العاكس Reflector وهو ما يدخل في التصميم لحساب شدة الإضاءة الكلية والتي تتضمن كلا من الضوء الأصلي بجانب ذلك المنعكس عن العاكس المستخدم ولذلك منه نوعان هما المرايا mirror وكذلك السطح المصقول glossy surface بمادة شديدة العكس للضوء ويستخدم في هذا المجال كلا من الفضة والألومنيوم حيث أصبح من المتاح معالجة هذه الأسطح لتعكس موجات ضوئية ذات طول موجي محدد وتسمى هذه النوعية باسم عاكس التزيين I reflector فمثلا لتسليط الضوء علي لوحة فنية تتأثر من الحرارة يمكن التعامل مع عاكس لا يعكس الأشعة دون الحمراء أي يكون قادرا علي امتصاص هذه الموجة الضوئية ونكون قد تخلصنا من الضرر الناشئ عن الضوء.



الشكل رقم 1-9:

الشكل رقم 1-8

3- نظم عدسات ضوئية Lens System وهي النظم المتقدمة في مجال الإضاءة حيث تستخدم العدسات للتركيز الضوئي والحصول علي ضوء شديد سواء في بقعة أو نقطة أو علي طول مسار معين وقد ظهرت الكشافات المسرحية نتيجة لذلك ومنها مصباح الفيض الضوء flood light.

جدير بنا أن نضع المصابيح الكهربائية هذه في تفصيل لكل مكوناتها كما في الشكل رقم 1- 8 والذي يظهر مكوناته المختلفة وهي:

1- البصيلة الزجاجية Bulb: تصنع من الزجاج الشفاف ضد الحرارة وتأخذ أشكالا متباينة حسب الغرض من الاستعمال.

2- الغاز داخل المصباح Gas: وهو خليط من النيتروجين 10 %والأرجون 90% للمصباح قدرة 40 وات فأكثر.

3- المساند السلكية Support Wires: وهي الأسلاك المثبتة في قواعد زجاجية داخلية في البصيلة تربط مع الملف من تنجستن داخل المصباح لمنع تأثير الصدمات والاهتزازات المحتملة.

4- مركز تثبيت المساند السلكية Button: هو عامود زجاجي مقوى يثبت المساند السلكية إليه أثناء عملية التصنيع.

5- عامود زجاجي Button Rod : وهو بنهاية زجاجية بها مركز تثبيت المساند السلكية

6- عاكس حراري Heat Reflector : وهو المستخدم في المصابيح ذات القدرات العالية لضمان دوران النقاط الساخنة ومنعها من الظهور داخل المصباح.

7- المصهر Fuse : وهو لحماية المصباح من زيادة التيار به لأية أسباب خارجية علاوة علي إستخدامه للوقاية في غالبية الدوائر الكهربائية.

8- الفتيلة Filament : وتصنع من تنجستن علي شكل ملف كهربائي لرفع الكفاءة الضوئية وللتحمل الحراري مع فترة التسخين.

9- أطراف التوصيل السلكية Lead In Wires: حيث أن أطراف التوصيل لها جهتين يتم توصيل جهة مع الملف من تنجستن والجهة الأخرى مع أطراف الخروج من المصباح وفي الشكل تظهر أطراف الخروج وهي نقاط التلامس مع الدواية لتوصيل الدائرة الكهربائية لها وتصنع من النحاس المطلي بالنيكل أو سبيكة منهما.

10- أسلاك ربط Tie Wires: وهي لازمة لربط أطراف التوصيل المعدنية معا للاهتزاز.

11- القرص الزجاجي Stem Press: وهو ضروري لتثبيت نهايتي أطراف التوصيل السلكية إلي الخارج مع القاعدة وتصنع من سبائك لها ذات معامل التمدد الحراري لذات الزجاج.

12- أنبوبة الخروج Exhaust Tube: إنها من الأجزاء الأساسية حيث يخرج منه الهواء أثناء عملية التصنيع ومن خلالها تتم عملية التفريغ المطلوبة.

13- القاعدة Base : وهي إما قلاووظ أو مسمار وتعتبر الطرف الملامس الأول في حالة القلاووظ بينما يكون الطرف الثاني للتلامس في منتصفها من أسفل كما هو موضح علي الرسم ويعيب هذا

الطراز ارتفاع درجة الحرارة والتي نراها في الشكل رقم 1-9 حيث التوزيع الحراري لوضع المصباح أفقيا أو رأسيا سواء القاعدة كانت إلي أسفل أو إلي أعلي وجميع درجات الحرارة محددة علي الرسم بالدرجة المئوية وكلها معطاة من نتائج قياسات عملية عن مصباح بقدرة 100 وات وارتفاع الحرارة يزيد من احتمالات الحرائق خصوصا مع مجاورة أي من المواد القابلة للاشتعال كما يقلل من عمر المصباح، ويتميز هذا المصباح بما يلي:

1- **لا يتأثر بدرجة حرارة الجو المحيط ولذلك فهو نافع في المناطق الحارة مثل منطقة الشرق الأوسط والمنطقة الإستوائية.**
2- **سهولة التحكم في المصباح مما يزيد من الإقبال عليه إستخداما لأن غالبية المتعاملين معه ليسوا خبراءا في الهندسة الكهربائية.**
3- **بساطة التحكم في شدة الضوء الناتج منه مما يسهل الحصول علي الضوء المناسب مع فترات النهار والليل أو مع نوعية الحالة من أسترخاء أو عمل.**
4- **أمانة كاملة في نقل الألوان مما يتيح التعرف علي الأشياء بألوانها الحقيقية.**

كما أنه لفتيلة بطول l وقطر d ومقاومة نوعية ρ تخضع لمعادلة الاتزان الحراري التالية:

القدرة في الفتيلة = المقاومة × مربع التيار = القدرة المشعة **(7-1)**

وهو ما يعني

$$e\,k\,\pi\,d\,l\,(T_1^4 - T_2^4) = \frac{4\,\rho l\,I^2}{\pi\,d^2}$$

ومن ثم نحصل علي

$$I = \pi\,(d/2)\,\{e\,k\,(T_1^4 - T_2^4)/\rho\}^{1/2} \qquad (1\text{-}8)$$

3-1 : مصباح تنجستن هالوجين
Tungsten Halogen Lamp

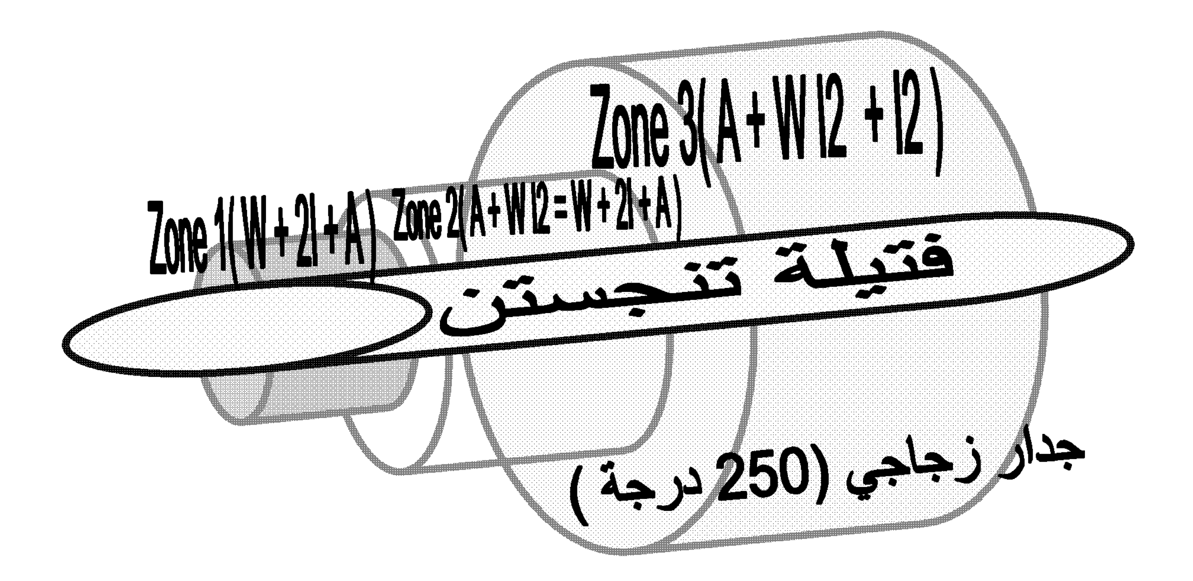
هذا النوع الأحدث من المصابيح الكهربائية التي تعمل بالفتيلة إلا أن كمية الحرارة المتولدة منه أكبر من النوع السابق (تنجستن) ولذلك يجب أن يتحمل جدار الأنبوبة درجات الحرارة العالية والضغط المرتفع ، وتتكونز من الزجاج به الفتيلة وبداخلها غاز خامل إضافة إلي كمية صغيرة من أحد الهالوجينات (مثل اليود أو البروم).

عندما يسري التيار في الفتيلة التي تسخن وترتفع درجة حرارتها فيبدأ تبخر تنجستن من الفتيلة المتوهجة فتتحد جزيئاته مع جزيئات الهاليد (ولنفترض اليود) مكونة يوديد تنجستن مثلا وتمنع درجة الحرارة العالية للغلاف (الأنبوبة الحاوية للفتيلة) جزيئات اليوديد من الترسب على جدران الأنبوبة فترتد إلى الفتيلة مرة أخرى ولكن بسبب الحرارة العالية جدا فإن هذه الجزيئات تتفكك مرة أخرى إلى تنجستن وهاليد حيث يترسب الهاليد على الفتيلة مرة أخرى فلا يضيع شيء من مادة تنجستن وتعرف هذه العملية باسم " دورة استرجاع تنجستن " والتي من خلالها ،من الناحية النظرية. يتبين أن عمر المصباح لا نهائي وهذا غير صحيح بالرغم من عدم فقدان في تنجستن بينما يترسب تنجستن على محور الفتيلة خلال دورة استرجاع تنجستن بصورة غير منتظمة على كافة أجزائها حيث يزيد الترسيب علي الأجزاء الأكثر برودة منها فتنتج البقع الساخنة والمسببة في احتراق الفتيلة مع الزمن وتكرار هذا الترسيب، ولهذا نجد أن هذه الدورة لها المزايا التالية:

1- التخلص التام من ظاهرة التسويد تلقائيا (كما هو مبين في الشكل 1-10) مما أدى إلي صغر حجم غلاف المصباح الزجاجي إلى 90 % من حجم المصباح المتوهج له القدرة نفسها.

2- التمكن من زيادة ضغط الغاز داخل المصباح والذي يصل إلي 3 أمثال ضغط المصباح العادي السابق نتيجة للصلابة الميكانيكية العالية لمادة الكوارتز المستخدمة.

3- إمكانية خلط الغازات الأخرى مع الهالوجين حيث تستخدم مادة خاملة خاصة ذات كثافة أكبر من غاز الأرجون (مثل الكربتون والزينون).



الشكل رقم 1-10 : الشكل المبسط لعملية الاسترجاع لمصباح اليود

أولا : المزايا
Advantages

تتميز هذه النوعية بعدد من النقاط نحددها موجزة فيما يلي:

1- تصلح هذه المصابيح للإضاءة العالية مع الأمانة في نقل الألوان المضاءة ولذلك فهي الأفضل في الإضاءة المسرحية وأجهزة التصوير السينمائي بالإضافة إلي الكشافات المستخدمة في السيارات مثل المصابيح Flood Light كما تستخدم في إضاءة المخازن والملاعب الرياضية ووسائل نقل التلفزيون الخارجية ونراها عاملا مؤثرا في عروض الصوت والضوء بالهرم مثلا.

2- تستهلك قدرة كهربائية صغيرة لإعطاء الإضاءة العالية.

3- زيادة عمر المصباح عن مثيله من المتوهج تنجستن فقط حيث يربو عمر هذا المصباح في المتوسط عن 2500 ساعة.

4- زيادة الكفاءة الضوئية بنسبة تصل إلي 50 % نتيجة عدم تراكم مادة الترسيب.

5- الغاز المستخدم ذو ضغط منخفض ومقاومة لها درجة حرارة انصهار مرتفعة ذات مقاومة نوعية عالية بجانب المرونة في التشكيل والقدرة علي التغلب علي الاهتزازات.

نظرا لهذه المزايا والتمكن من إطالة عمر المصباح إلى ضعف عمر المصباح ذو الفتيلة (2000 ساعة) فقد زادت قدرته الضوئية إلى 21 لومن / وات مع ألوان أفضل (Good Color Rendering) ولا تزال هناك صعوبات تقنية تحول دون إنتاج مصابيح تنجستن – هالوجين لها قدرة أقل من 300 وات لاستخدامها في الإضاءة المنزلية.

ثانيا: الإحتياطات
Requirements

هناك عدد من التعليمات الهامة للتعامل مع هذا النوع من المصابيح الكهربائية ونفرد لها النقاط الآتية:

1- عند تعليق أو تثبيت هذا المصباح يراعى أن لا يقل التوجيه عن ±4° م مع الأفق لأنه إذا كان أكبر من ذلك سيسرع بحدوث ظاهرة التسويد عن الطرف السفلي من المصباح مما يساعد في سرعة احتراق الفتيلة وقصر عمر هذا المصباح.

2- يجب الحذر عند لمس المصباح وهو ساخن ليس بسبب الحرارة الشديدة فقط ولكن كي لا ينفجر بسبب الضغط المرتفع داخله وهو في هذه الظروف عرضة للانفجار فعلا مما يجعل شظايا الأنبوبة تتطاير ولهذا يوضع لوح زجاجي أمام هذه الأنبوبة لمنع الشظايا من التطاير عند انفجارها وأحيانا توضع الأنبوبة الأصلية داخل أخرى لمزيد من الحماية.

3- ممنوع لمس المصباح الساخن (يسمى عادة بالشمعة) باليد المجردة الباردة ويلزم تنظيفها بمحلول خاص في هذه الحالة.

4- يجب ألا يقل الجهد عن 95 % من الجهد المقنن.
5- يلزم ترك فراغ مناسب لسهولة التهوية حول المصباح .
6- يجب وضع السطح (الجسم المطلوب إضاءته) أقرب ما يمكن من المصباح.

7- يوضع المصباح علي ارتفاع لا يقل عن 2.5 متر من الأرض .
8- تصنع هذه المصابيح من الزجاج الكوارتز لتتحمل الكثافة الحرارية العالية نتيجة انخفاض معامل التمدد للزجاج.

ثالثا : اختيار الهالوجين Gas Choice

أنتجت ثلاث أصناف الأكثر شيوعا من هذا النوع هم:

النوع الأول: مصباح (تنجستن – يود)

عمر هذا النوع فاق 1000 ساعة حيث درجة انصهار اليود هي 113 مئوية تقريبا ونقطة غليانه 183 وضغط بخاره هو 49.3 فقط عند درجة حرارة المحيط المعتاد وهو 25° م.

النوع الثاني: مصباح البروم

هذا المصباح والمشابه له يحتاج إلي 1500° م ويعيبه انخفاض بعض النقاط علي الفتيلة عن الحد المطلوب وهو 1500 مئوية خصوصا وأن البروم في حالة سائلة عند 25° م ونقطتي الانصهار والغليان هما – 7.3 و 58.2 علي التوالي وضغط البخار هو 30800 مقارنة مع السابقة وهو يقتصر علي ميزة سهولة التصنيع وبخاصية عدم امتصاص الضوء وذو كفاءة عالية كما أن دورة الاسترجاع قد تأخذ مدى أطول من 200 حتى 1100° م تقريبا.

النوع الثالث: مصباح الفلورين

هو النوع الذي يزيد عمره الافتراضي ويتميز بتقليل البقع الساخنة علي الفتيلة ولكنه عند درجة حرارة عالية أكثر من 400 درجة تتفاعل فيه السليكا بسرعة مما يسرع من عملية التسويد فيتسبب في تقصير عمر المصباح، إضافة إلي أن كمية الفلورين اللازمة للتفاعل صغيرة جدا وتتراوح في حدود 40 ميكرو

جرام لمصباح حجمه 1 سم^3 كما أن الفلورين يهاجم أسلاك التوصيل داخل المصباح بصفة دائمة مما يؤدي إلي تآكلها زمنيا.

1 - 4: مصباح الفتيلة الكربونية
Carbon Arc Lamp

تحتوي المصابيح الكربونية علي فتيلة من السليولوز بعد معالجته كيميائيا بأسلوب خاص فيتحول إلي كربون وللفتيلة شكل حلقي وتبلغ درجة حرارتها 1800 $^\circ$ م وفي التوهج تتأثر ذرات الكربون فترحل من الفتيلة إلي الجدار الزجاجي الداخلي مكونة طبقة ماصة للضوء تزيد مع الزمن وهذا يزيد من مقاومة الفتيلة زمنيا فتقل شدة التيار وبالتالي شدة الضوء وهذا من أكثر العيوب فيه لكونها غير اقتصادية، ومعدل الكفاءة هو 3.6 لومن / وات ويستخدم علي نطاق واسع في العديد من التطبيقات مثل فلاش الكاميرا والكشافات العارضة projectors وفي البحث عن الضوء في دوائر التحكم والأمان الكهربائي. ويظهر منه نوعان هما:

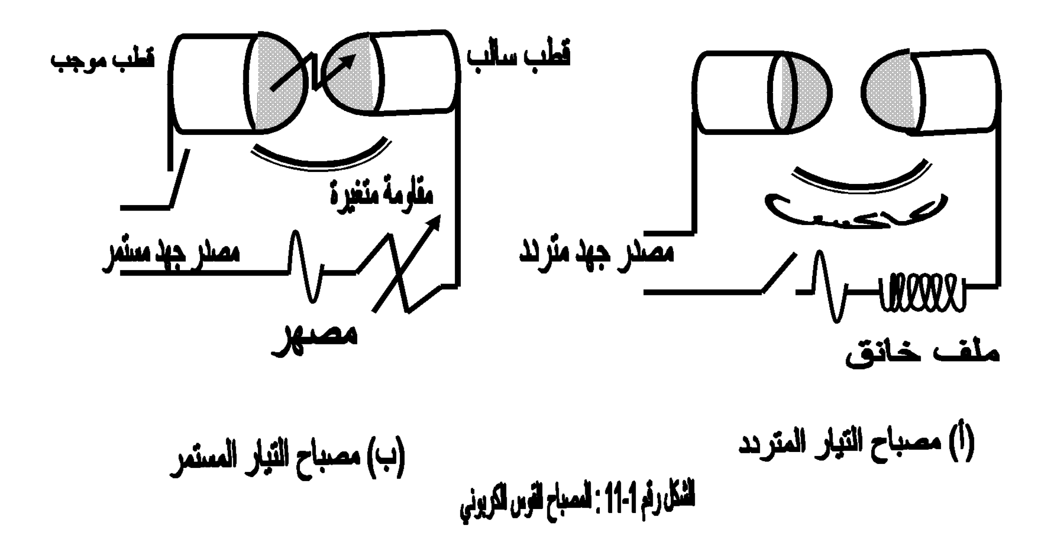
النوع الأول: مصباح قوس التيار المتردد

هذا النوع قد ورد في الشكل رقم 1- 11(أ) حيث يبين أن قطبي المصباح متماثلين بينما القوس الكهربائي يحدث علي ثغرة هوائية في حدود 3 – 6.5 مم ويمكن زيادة كفاءة هذا المصباح بوضع عاكس ضوئي في مواجهة الشرارة لتوجيه الضوء في الاتجاه المطلوب ويستخدم هنا ملف كابح للتيار من أجل اتزان الدائرة وتوزيع الجهد بالتماثل مع أجزاء الدائرة، والدائرة تحتاج إلي مصهر مع المفتاح كما هو موضح علي الرسم كوسيلة للوقاية ضد زيادة التيار داخل المصباح كما يغلف المصباح غلاف زجاجي مضاد للحرارة ويكون المقتن لجهد المصباح هنا في حدود 55 – 50 ف ويستعان به في آلات العرض السينمائي.

النوع الثاني: مصباح قوس التيار المستمر (الشكل رقم 1-11 ب)

حيث نلاحظ من الرسم أن القطب الموجب الكربوني ضعف نظيره السالب من حيث الحجم بخلاف ما كان بالنسبة للتيار المتردد لأن القطب الموجب يتآين أسرع وأكثر من السالب فيتآكل أسرع من السالب وكي يتساوى العمر فيجب أن يتضاعف حجم القطب الموجب وهو ما ينتج حوالي 85 % من الضوء الكلي، ويوضع أيضا مصهر علي خطي التغذية الكهربائية بعد المفتاح لحماية المصباح من زيادة التيار عن

المقتن وللمصباح غلاف زجاجي واقي من الشرارة ومحسن لأداء المصباح وتستخدم في الدائرة هنا مقاومة بدلا من الملف في حالة التيار المتردد للحفاظ علي اتزان الدائرة والتحكم فيها ويتم تغذية هذا المصباح علي 40 – 50 ف وتصل درجة حرارة القطب السالب إلي 2500° م للحصول علي ضوء 5 % بينما ترتفع حرارة القطب الموجب فوق هذا الحد وللحفاظ علي طول القوس الكهربائي ثابتا يكون التحكم يدويا أو آليا حسب الأحوال.



الشكل رقم 1-11: المصباح القوس الكربوني

الضوء عموما ينتج عن الأشعة المرئية حيث لكل طول موجي يوجد معامل حساسية نسبية K_λ وبالتالي تصبح الطاقة المرئية حيث طاقة الطول الموجي λ تتحدد بالقيمة E_λ لهذا الطول الموجي ولتواجد العديد من الموجات تتحدد الطاقة المرئية $K_\lambda\ E_\lambda$ بالصيغة:

$$E_{visual} = \int_{K_{min}}^{K_{max}} K_\lambda\ E_\lambda\ d\lambda \qquad (1\text{-}9)$$

بينما الطاقة الكلية الناتجة عن كل الموجات معروفة وهي

$$E_{total} = \int_{0}^{\infty} E_{\lambda}\, d\lambda \qquad (1\text{-}10)$$

وبذلك نحصل علي الكفاءة الضوئية في الصورة

$$E_{total} = \frac{\int_{K_{min}}^{K_{max}} K_{\lambda}\, E_{\lambda}\, d\lambda}{\int_{0}^{\infty} E_{\lambda}\, d\lambda} \qquad (1\text{-}11)$$

ونجد الضوء المطلوب قد يتبع العلاقة:

$$\text{الضوء المطلوب (لومن)} = \frac{\text{المساحة} \times \text{الكفاءة} \times \text{معامل الفقد الضوئي}}{\text{معامل الاستفادة} \times \text{معامل الاستهلاك}} \qquad (12\text{-}1)$$

يعبر أيضا معامل الفقد الضوئي عن التداخل الضوئي عند استخدام أكثر من مصدر ضوئي خصوصا عند تعددها وهو يعادل 1.23 للتوزيع الضوئي المتجانس وقد يصل إلي 1.5 للتوزيع غير المتجانس مثل الآثار والتماثيل التي تحتاج إلي انعكاسات وظلال علي المحاور الفراغية.

الباب الثاني

التفـريـغ الغـازي

GAS DISCHARGE

يعتبر الضوء الناتج عن التفريغ الغازي من خلال المرور الكهربائي داخل الغاز من الظواهر المصاحبة لعملية التفريغ الكهربائي ذاته حيث انبعاث الإلكترونات الحرة بغزارة بطاقة عالية خصوصا داخل أبخرة بعض الغازات معدنية الأصل عند الضغط المنخفض حيث تظهر الموجات الطيفية من بعض الغازات مثل النيون فيصاحبها موجات الطيف ما بعد البنفسجي بطول 740 أنجشتروم واللون البرتقالي بطول 5400 وحتى 7000 وما يصاحبها من لون أحمر ويظهر هذا جليا في لوحات الإعلانات الضوئية ولذلك تظهر عملية اختيار الغاز المناسب من أهم العوامل المؤثرة في الضوء الناتج عن التفريغ الكهربائي داخل مصابيح التفريغ الكهربائي. ويكون مناسبا تحويل الضوء غير المرئي إلي الطيف المرئي فمثلا يتحول الطيف فوق البنفسجي إلي المجال المرئي كما هو الحال مع بخار الصوديوم وهناك أسلوب آخر لتحويل الأشعة بالاستعانة ببخار الزئبق بالخلط مع مادة فلورية كمصدر للضوء.

1-2 : خصائص التفريغ الكهربائي Performance

سوف نتعامل مع العملية الهندسية للتفريغ الكهربائي من حيث المبادئ العامة دون الدخول في التحليل الرياضي أو الهندسي أو الفيزيقي لأي من مراحلها حيث أن الهدف هو الإلمام بهذا الموضوع من الناحية الهندسية المطلقة ولذلك تختص هذه النقطة بعدد من الظواهر المصاحبة لعملية التفريغ الكهربي ونوجز أهمها علي النحو التالي:

أولا : الأشعة اللونية

Colors

حيث أن التفريغ في الغازات يتم تحت ضغط منخفض جدا فيمكن خلط المعدن أو الغاز ليتفاعلا معا كي نصل إلي شدة إضاءة عالية فتواجد الصوديوم أو الزئبق مع الغاز الخامل يرفع من درجة الحرارة عند الانهيار الكهربائي وهي بداية الاشتعال فيتبخر أي منهما حسب الأحوال فتظهر الذرات الكافية والتي يتم

استثارتها من الإلكترونات الحرة ولذلك تكون هناك ظاهرتين هما تفاعل الغاز الخامل كبادئ للانهيار الكهربي ومعجل لحركة الإلكترونات في مسارات متعرجة فيسبب تسخين الغاز نفسه كما يضاعف من معدل التصادم الإلكتروني لزيادة الاستثارة المطلوبة داخل الغاز. إضافة إلي ما سبق نجد أن التفريغ الكهربي ينتج أشعة ضوئية ويعتمد ذلك علي المعاملات الآتية:

1- نوعية الغاز وضغط الغاز إن كان عاليا أم منخفضا.
2- نوعية المعادن أو الغازات المساعدة لأنها المساعدة علي التأين.
3- حجم التفريغ وهو ما يعني مقتن أنبوبة التفريغ حتي تزيد من كفاءة الإشعاع الضوئي.
4- نوع الطلاء الموجود علي سطح أنبوبة التفريغ لأهميته في خروج الفوتون المضئ منه.

جدول رقم 2-1 : الضوء الناتج عن الغازات التي تستخدم في الإضاءة

بخار الغاز	نيون	هيليوم	صوديوم	أرجون	زئبق منخفض	زئبق ضغط عالي
الضوء	أحمر Reddish	قرنفلي pinkish	أصفر برتقالي	أبيض مزرق bluish white	أزرق مخضر greenish blue	أبيض مزرق
لومن/و نظريا	198		475		248	298
لومن/و عمليا	15 – 40		50 – 40		20 – 15	30 – 20

ولهذا يقدم الجدول رقم 2-1 البيانات الخاصة بالألوان المصاحبة للأشعة المختلفة من بعض الغازات التي تستخدم في هذا المجال.
كما نجد أن المصابيح الكهربائية تتنوع تبعا للمواد الفسفورية في الطلاء وكذلك المادة الخليط مع الغاز الخامل داخل المصباح كما هو مبين في الجدول رقم 2-2 وفيه تأتي الأنواع المختلفة للمصباح الفلورسنت ويظهر منه أن النوع الأبيض في اللون هو الأكثر شيوعا.

جدول رقم 2-2 : أنواع المصابيح تبعا للمواد المستخدمة فيها

المادة الفسفورية	المادة المساعدة	نوع المصباح لونيا	اللون المميز الغالب	طول الموجات للطيف
تنجستن كالسيوم	رصاص	أزرق	أزرق	440 نانو متر
تنجستن ماغنسيوم	-	ضوء النهار	أزرق مع بياض	480
هالو فوسفات الكالسيوم	أنتيمون	ضوء النهار	أزرق مع بياض	480
كبريت الزنك	منجنيز	أخضر	أخضر	520
هولوفسفور الكالسيوم	انتيمون + منجنيز	أبيض بارد/دافئ/نهار	أصفر فاتح	590
فلورجرمانات ماغنسيوم	منجنيز	أبيض محسن	أحمر	660

ثانيا : الإشعال Sparking

يعتمد التفريغ الغازي علي تحويل غاز البدء من وسط عازل كهربائيا (أو ضعيف التوصيل كهربائيا) إلي وسط موصل جيد للكهرباء والتحول من حالة التفريغ المتوهج نتيجة ظهور جهد عالي بين قطبين بعيدين داخل الغاز إلي حالة تفريغ قوس كهربائي مستمر ومستقر بين القطبين وهو ما يعني مرور تيار كهربائي داخل الغاز وهي حالة إشعاعية لهذا الغاز والتي يصاحبها إشعاعا غير مرئي في الكثير من الحالات ولذلك يضاف مسحوق فسفوري علي الغلاف الزجاجي للمصباح وهو ما يتمتع بخاصية امتصاص هذا الإشعاع وإعادة بثه مرة أخري في موجات مرئية للعين المجردة. عند تسليط الجهد المناسب علي هذا الغاز ينكسر كهربائيا ويعرف باسم جهد الإشعال Ignition Voltage كما يصاحب الإشعاع الضوئي هذا إشعاع آخر كهرومغناطيسي وهو ما يتغير بتغير الغاز البادئ أو المسحوق

المساعد علاوة علي تأثير ضغط البخار المتولد داخل الأنبوبة ويصحب عملية التآين هنا انخفاضا في المقاومة الكهربائية وتكون مقاومة سالبة الخاصية Negative Resistance.

الإشعال يمثل التحول السابق إلي أن يستقر فرق الجهد الكبير بين الطرفين ويدنو إلي قيمة صغيرة مع استقرار التفريغ الكهربائي ولذلك نحتاج إلي كابح Ballast لتقليل مقننات الجهد علي المصابيح الكهربائية من هذا النوع ويوضع الكابح لهذا السبب علي التوالي مع المصباح وبذلك يتوزع الجهد 220 ف بين كلا من الملف الخانق (الكابح) والمصباح ذاته ، وتقنن درجة حرارته بحوالي 110° م، وتكون فائدته منحصرة في ثلاث نقاط هي توزيع الجهد علي المصباح والملف وكذلك تجهيز جهد البدء لعملية الإشعال بجانب الحد من قيمة التيار والعمل علي استقراره ويعيبه خفض معامل القدرة في الدائرة وهو ما قد يصل إلي 0.3 في بعض الحالات، وتتم هذه العملية علي مرحلتين هما:

المرحلة الأولي: عملية البدء Starting Condition

إنشاء جهد عالي بين طرفي المصباح داخل الغاز فتتولد الشرارة الكهربائية بين القطبين ومن ثم تتآين الذرات داخل الوسط وهو ما يستهلك فترة زمنية قصيرة حيث أن جهد انهيار الغازات دالة تتناسب طرديا مع كلا من الضغط والمسافة بين طرفي الأقطاب داخل الغاز وهو ما يعرف باسم قانون باشن كما نستطيع خفض قيمة هذا الجهد من خلال عملية خلط الغازات وهو ما عرف باسم خليط بننيج Penning فتعطي الكسر الكهربائي بالشرارة بسرعة وفي الحقيقة فإن المرحلة الأولي هذه تستهلك عمر المصباح بسرعة جدا مقارنة مع عدد ساعات التشغيل الدائم فكلما زاد عدد مرات البدء في الإشعال كلما استهلكت مادة الطلاء.

الجدول رقم 2- 3: تأثير عمليات البدء علي عمر المصباح

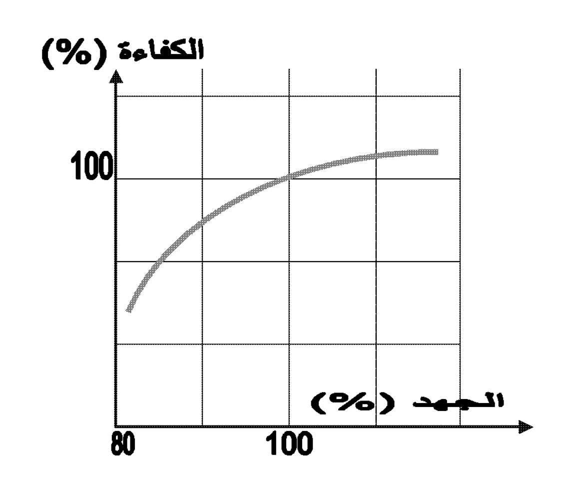
ساعات البدء (س)	1	10	20
نسبة ساعات التشغيل المرادفة (%)	50	150	200

المعدني علي الأقطاب وبالتالي يقصر عمر المصباح وهو ما يعرف باسم البصق sputtering، ويبين الجدول 2 - 3 العلاقة بين عمر المصباح وعمليات البدء وكيفية أن عمر المفتاح يقل كثير مع هذه العملية المستهلكة للمادة التي تبث الإلكترونات الحرة وهي معطاة لعدد ساعات البدء يوميا أو لمعدل

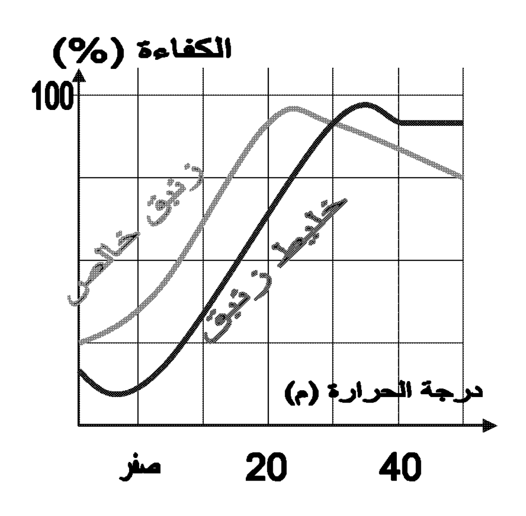
بدء معادل لقيمة ثلاث ساعات تشغيل. يتراوح العمر المتوسط للمصباح من 5 إلي 10 ك س تشغيل وهو ما يمكن أن يتبع المعادلة التقريبية:



عمر المصباح (س) = 3 × عدد مرات البدء × معامل الجهد × معامل الغاز + ساعات التشغيل (1-2)



الشكل رقم 2-1 : تأثير الجهد علي كفاءة المصباح

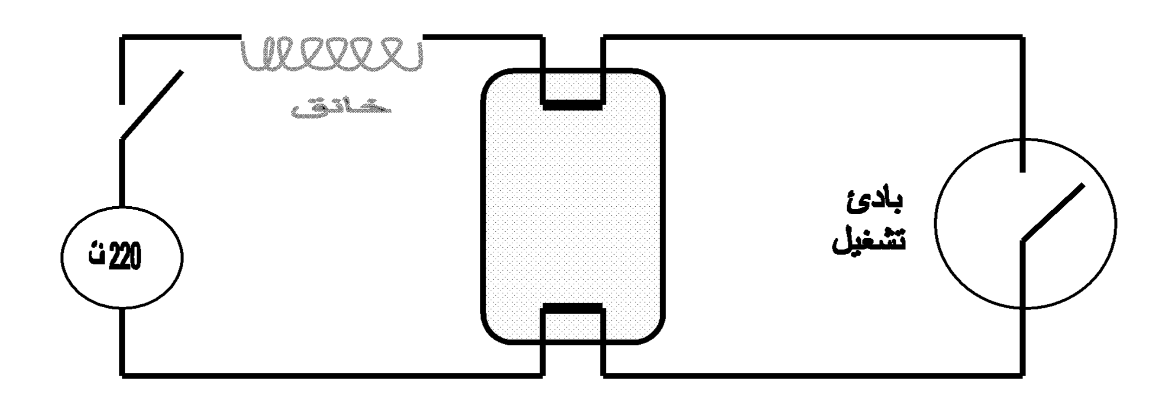


الشكل رقم 2-2: تأثير الحرارة علي الضوء

حيث تشمل عملية الإشعاع كلا من التصادم Elastic Collision والإثارة Excitation بجانب التآين Ionization كما ينخفض ناتج الضوء مع التشغيل وكذلك مع تغير الجهد (الشكل رقم 2-1) وتتأثر الكفاءة بدرجة الحرارة كما نراها في الشكل 2- 2 حيث يظهر للمصباح المحتوي علي زئبق خالص تكون أقصى كفاءة عند منطقة لدرجةالحرارة وهي 20 – 30° م بينما لتلك بالزئبق الممزوج تكون عند 35 – 40 ° م.

المرحلة الثانية: حالة الاستقرار Stable Operation

تتمثل هذه الحالة في الانتقال من الكسر الكهربائي مع الجهد العالي إلي التوصيل الكهربائي بفرق جهد منخفض وتحول الدائرة الكهربائية إلي حالة الاستقرار، ويتم هنا التسخين الكهربي للأقطاب من أجل الحصول علي البث الإلكتروني المطلوب، كما لابد وأن يتواجد القصور الذاتي في عملية التسخين هذه لاستقرار المرور الكهربائي من خلال الغاز.



الشكل رقم 2-3 : المنظر العام

2-2 : المصباح الفلورسنت Fluorescent Lamp

مصباح الفلورسنت من أهم التطبيقات في مجال الإضاءة وبأسلوب التفريغ الغازي ولهذا سوف نتعرض لها بما يلي:

المحور الأول: الشكل العام للمصباح General

يتكون مصباح الفلورسنت من أنبوبة بها غاز الأرجون Argon عند ضغط منخفض وقليل من الزئبق Mercury كما هو مبين في الشكل رقم 2 - 3 ويعطي إشعاعا بنفسجيا Ultraviolet والتي تتحول إلي الطيف المرئي Visible Light باستخدام المسحوق المطلي علي الجدار الداخلي من المصباح ويظهر حول الفتيلة (الكاثود) – والمصنوعة من مادة تنجستن مطلية بمادة إشعاعية emitting - واقي معدني يعمل علي تقليل البقع السوداء كي تترسب عليها بجلا من الجدران إضافة إلي أنها تقلل من تواجد الرعشة الضوئية Flicker وهو ما يأتي نتيجة قلة القدرة المنبع الفسفوري مع الذبذبة المتناسبة مع الجهد وهي التي تطلى بها الجدران الداخلية للمصباح من نوع الفلورسنت، وتتواجد كتلة صغيرة من الزئبق داخل الغلاف للمساعدة علي عملية الإشعال.

يلعب الملف الخانق دورا أساسيا في جهد البدء فيرفع قيمته إلي حد انهيار الغاز كهربائيا كما يعطي الجدول رقم 2 – 4 بيانا تقريبيا بالنسبة المئوية من الموجات المرئية الصادرة عن المصباح إلي تلك

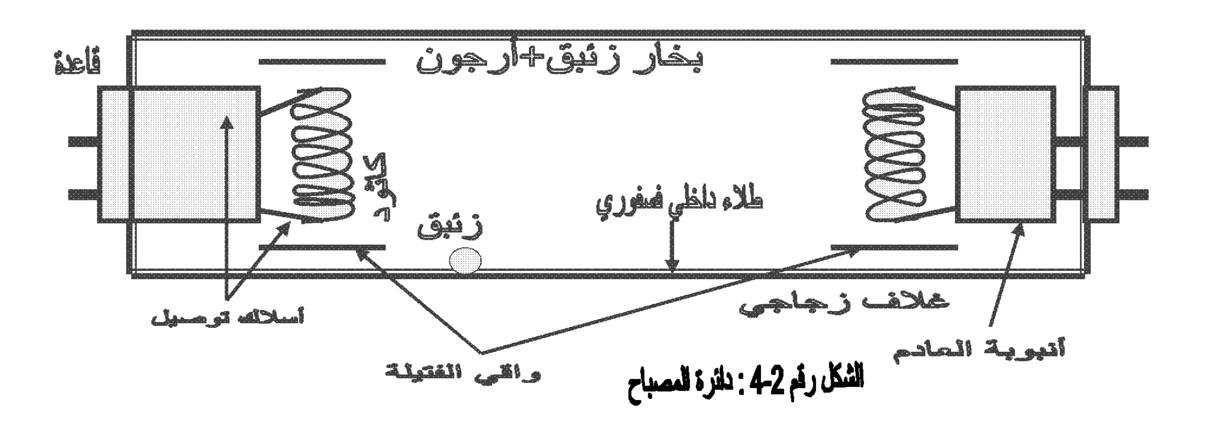
من ضوء النهار المعتاد وكذلك نسبة تواجد هذه الموجات في المصباح الفلورسنت، كما أن ظاهرة الارتعاش تعتمد علي التغير المستمر في قدر الطاقة فوق البنفسجية الصادرة عن المصباح وهي التي تقل مع التشغيل المستمر فتظهر حالة الارتعاش الضوئي. ويظهر من الجدول أن نسبة تواجد الضوء البرتقالي والأصفر والأخضر المائل إلي الاصفرار بجانب الأزرق عالية وتزيد جدا وهو ما يغلب علي ألوان المصباح نسبة إلي ضوء النهار بينما تتواجد هذه الأشعة بنسبة عالية داخل المصباح أيضا، وهناك مصابيح يتم توصيلها علي التوالي ولكن بأسلوب معين حفاظا علي الصفات الخاصة بالتشغيل لكل مصباح علي حدة.

نوعيات اللون المتولدة من المصباح الفلورسنت وهي التي يتم تصنيفها كما جاء في الجدول 2-4 والذي يجدول المادة التي تنتج هذا اللون ويتنوع اللون الأبيض إلي: (ضوء النهار 55 (1000 لوكس) – أبيض دافئ 29 (10 لوكس) وهو مناسب للطرق - ابيض 33 (مناسب للمدارس والمصانع والرسم) – أبيض ديو لوكس 34 (مناسب للأسواق) – أبيض ديو لوكس دافئ 32 (مناسب للمحلات والمطاعم والفنادق).

الجدول رقم 2-4: النسبة المئوية للأشعة الضوئية الصادرة عن مصباح الفلورسنت العادي

الأشعة اللونية	المسحوق المسبب	نسبة الأشعة داخل المصباح	نسبة هذه الأشعة إلي مثيلها من ضوء النهار	نسبة من الضوء المرئي للنهار
أحمر داكن	بورات الكاديوم	5.48	53.3	5.1
أحمر	بورات الكاديوم	9.58	82.3	8.9
برتقالي	سليكات كاديوم	12.33	105.8	11.5
أصفر	سليكات بيريليوم الزنك	13.02	105.5	12.1
أخضر مصفر	سليكات الزنك	13.7	105.2	12.7
أخضر	سليكات الزنك	10.96	80	10.2
أزرق مخضر	تنجستن الكالسيوم	12.33	85.7	11.5
أزرق	تنجستن الماغنسيوم	15.75	121	14.6
بنفسجي		6.85	90.9	6.4

لذلك نجد المصباح قد يأخذ المسمى باللون والحرارة فنجد مصباح بارد أي أن الفتيلة لا تسخن كثيرا ودرجة الحرارة منخفضة وهناك الدافئ وهو أبيض اللون وكفاءته عالية مع انخفاض في مستوى تحديد الألوان بدقة.



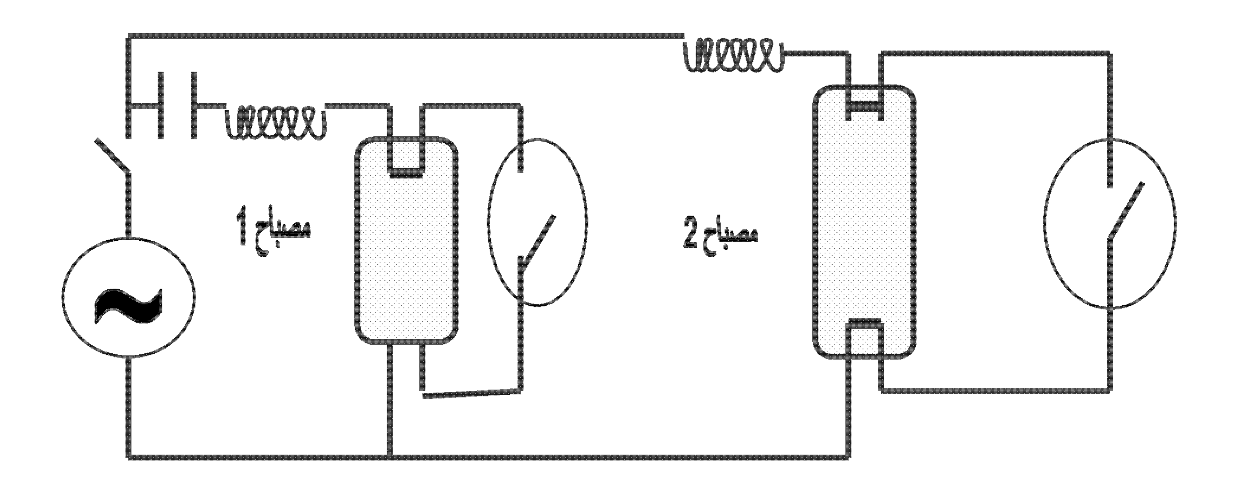
الشكل رقم 2-4 : دائرة المصباح

عند تشغيل المصباح تظهر دائرتين فتظهر دائرة البدء (الدائرة الأولي) حيث يمر التيار من المنبع إلي الملف إلي الفتيلة ولكنه لا يستطيع المرور داخل المصباح ويجد أمامه الطريق السهل من خلال البادئ وهو السلك المغلق كهربائيا فيمر فيه ويعود إلي المنبع مباشرة دون المرور بالمصباح. أما الدائرة الثانية (دائرة التشغيل) فهي بعد مرور التيار في دائرة البدء يسخن البادئ فيفصل طرفيه فاتحا الدائرة محدثا جهدا عاليا فجائيا مما يسبب انهيار الغاز كهربائيا داخل المصباح فيمر التيار وبذلك تظهر دائرة التشغيل حيث يمر التيار من المنبع إلي الملف فالغاز بالمصباح لأنه توقف عن المرور في البادئ لفتح دائرته ومن ثم يكمل المشوار عودة إلي المنبع مباشرة (الشكل رقم 2 - 4). كما يمكن تشغيل المصابيح علي التوازي ففي الشكل 2-5 نجد أن المصباح الأول متقدم بالتيار بسبب تواجد مكثف في دائرته وعادة يكون 3.8 ميكرو فارارد بينما الثاني متأخرا لعدم وجود مكثف مما يساعد علي سرعة البدء وهنا المتاح واحدا لهما.

المحور الثاني: بادئ الإشعال Ignition Starter

يقوم البادئ مبدئيا بوظيفتين هما: (إكمال دائرة التسخين والبداية في عملية الإشعال و فتح الدائرة بعد الإشعال لدائرة التشغيل المستقرة) ومنه نوعان هما: (النوع المتوهج Glow Type) وهو الأكثر شيوعا ويتكون من أنبوبة بها خليط من غاز الهيليوم والهيدروجين أو الأرجون أو النيون عند ضغط

منخفض ويتصل طرفي البادئ مع شريحة المعدن المزدوج، أما النوع الثاني فهو الحراري (Thermal Type) والذي يتم الاستعانة به في النوعيات المتقدمة من المصباح، كما يمكن تقسيم المصابيح الكهربائية تبعا لدائرة البدء كما يلي:

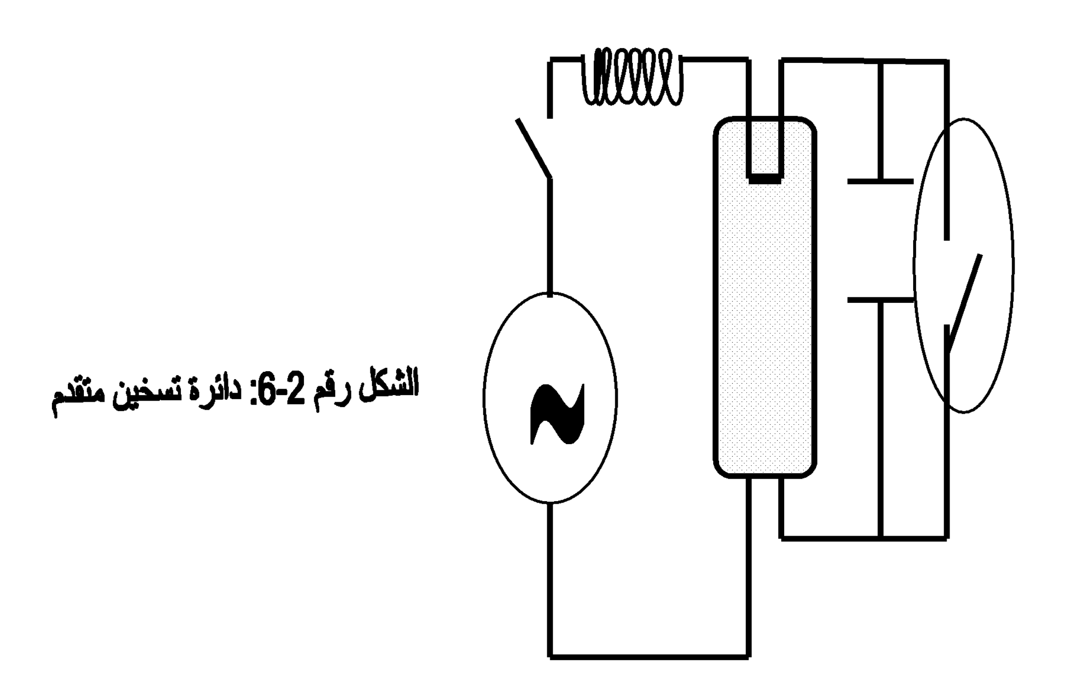


الشكل رقم 2-5 : تشغيل مصباحين على التوازي

النوع الأول: مصباح ذو تسخين متقدم Preheat switch start

يتم التسخين مسبقا قبل بدء التشغيل كما في الشكل رقم 2- 6 حيث يعتمد الأسلوب في البدء علي شكل البادئ فهو يتكون من أنبوبة زجاجية صغيرة بداخلها غاز خامل (النيون أو الأرجون) وبداخلها طرفي تلامس أحدهما ثابت والآخر متحرك بتأثير الحرارة لأنه مثبت في طرف شريحة ثنائية المعدن وهو يحتاج إلي بادئ خاص فمثلا مع قفل المفتاح الكهربائي لتشغيل المصباح يظهر جهد الخط بين طرفي التلامس فيحدث توهج داخل الأنبوبة مثل نظرية التفريغ الغازي تماما فتسخن بالتالي الشريحة ثنائية المعدن فتتمدد وتفتح الدائرة بين طرفي التلامس داخل البادئ مع وجود الملف الخانق فيظهر فارق الجهد العالي بين فتيلتي المصباح وتنتقل الدائرة إلي حالة الاستقرار. ويتم تركيب مكثف علي طرفي البادئ بمقدار 0.006 ميكرو فاراد عادة لمنع تداخل الإشارات المتراسلة مثل اللاسلكي والأجهزة الإلكترونية عموما حيث يتم التخلص من التداخل بطريقتين هما: الإشعاع المباشر من المصباح إلي

الهوائي وفيه نتحكم في الإشعاع بإبعاد الهوائي بما لا يقل عن مترين وإلا وجب تركيب تأريض للأسلاك والأجهزة الإلكترونية عموما - أو عن طريق خط التغذية الخلفية للمصباح.



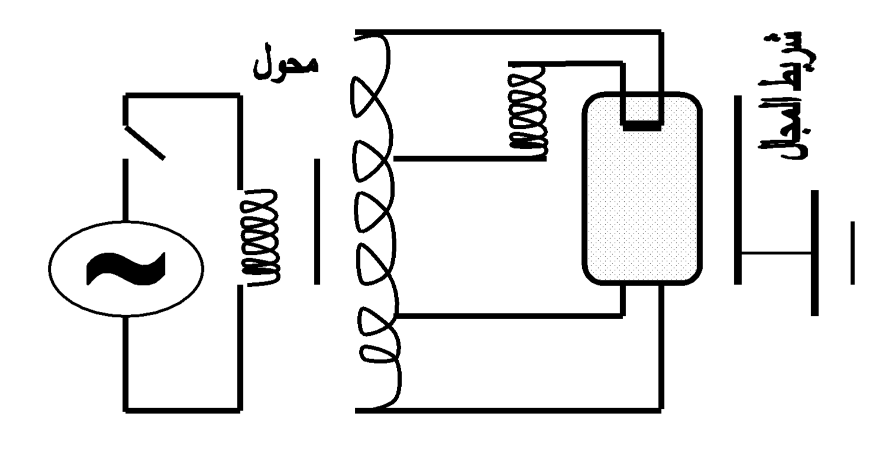
الشكل رقم 2-6: دائرة تسخين متقدم

يعمل الملف الخانق هنا علي رفع الجهد إلي الحد اللازم لإشعال الغاز كهربائيا داخل الأنبوبة الفلورسنت ويعيبه إنتاج الضوضاء (بالرغم من تقليلها بشدة في التصميمات الحديثة) وخفض معامل القدرة في الدائرة بشكل ملحوظ فيزيد من التكلفة الكلية لاستهلاك الطاقة علاوة علي أن الكفاءة الضوئية للمصباح الفلورسنت تعادل ثلاث أمثال كفاءة المصباح المتوهج بذات القدرة الكهربائية المستهلكة.

النوع الثاني: مصباح سريع البدء
Rapid Start

هذا النوع لا يحتاج إلي بادئ (الشكل رقم 2-7) حيث نري مساعد البدء والمكون من شريط موصل بطول المصباح ويركب بجواره ويتصل بالأرض ويتحدد بعد الشريط عن المصباح بقيمة التيار المقتن للمصباح فمثلا للتيار 500 ملي أمبير وأقل يكون البعد 18 مم بينما للتيار الأكبر يكون البعد 25 مم وهذا الشريط يرفع المجال الكهرومغناطيسي بين قطبي المصباح فيساعد في عملية الإشعال ولكنه يجب

ألا يتواجد مثل هذا النوع في الأماكن ذات الرطوبة العالية أو يتم التعامل مع النوعيات ذات الطلاء مضاد للرطوبة وغير قابل للبلل، كما يستعان بمحول خصيصا لهذا الغرض إضافة إلي الملف الخانق المعتاد.



الشكل رقم 2-7: دائرة البدء السريع

النوع الثالث: مصباح فوري البدء Instant Starting

إنه نوع خاص لا يحتاج إلي بادئ ولا يطلب فيه تجهيز أو تسخين وتكون فيه الفتيلة ذات قطب مفرد بطرف واحد وتعمل الدائرة الكهربائية بمجرد توصيل المفتاح وتعطي جهدا عاليا يكسر العزل الكهربائي للغاز ويم نزول الجهد إلي الحد المقرر فورا حيث يتم التحكم في هذا من خلال محول ذاتي خاص كما نراه في الشكل رقم 2-8 وهو ما يجعله مصنعا كوحدة متكاملة وغير مجزأة كما هو الحال بالنسبة للأنواع العادية كما أن مقنناتها قد تختلف عن العادية.

بعد استعراض هذه النوعيات المتباينة من مصباح الفلورسنت نجد المواصفات الجوهرية لبعض منها وهي ما تعتمد علي شكل أنبوبة المصباح فمنها المستقيمة طوليا أو تلك علي شكل حرف U أو تلك الدائرية وكلها أشكال متداولة في الأسواق وتعمل بنجاح ولذلك نجد في الجدول رقم 2-5 هذه الأشكال بمقنناتها العديدة والتي يتم تداولها.

مصباح فوري البدء

الشكل رقم 2-8: دائرة بدء فورية

المحور الثالث: المصابيح الفلورسنت المحسنة Improved

تعتمد عملية ظهور الأشعة الضوئية علي عدد من العوامل منها مادة الطلاء المعدني علي الأقطاب والغاز والمخلوط معه والمادة الفسفورية علي الجدران والضغط عليه والجهد والدائرة الكهربائية وخصائصها ومن هنا ظهرت بعض الأنواع ذات القدرات الأعلى في إنتاج الضوء علي النحو التالي:

النوع الأول: المصباح ذو التردد العالي
High Frequency Lamp

دخل هذا النوع في المجال التنفيذي وظهرت منها مصابيح علي شكل الحرف U ذات قطر أصغر وقد تم تطوير مادة الطلاء الداخلي للغلاف ذات صفات أفضل ، كما تم التغلب علي القدرة الضوئية الناتجة عن طريق دخول الملف الإلكتروني Electronic Control Gear والذي يقوم بتحويل التردد العادي (50 هيرتز) إلي آخر عالي حول20 – 30 kHz ، ومن مزاياه:

1- أقل وميضا عند التشغيل

2- انعدام الرعشة الضوئية Flickering حيث أنها تظهر بتردد مضاعف لتردد المصدر الكهربائي عندما يقل المسحوق الداخلي بالأنبوبة، وهو ما يمكن القضاء عليه في المصباح العادي من خلال ثلاث طرق مختلفة هي:

(أ) استخدام مجموعات ثلاثية من المصابيح Triple Lamp Group: تعتمد هنا طريقة التوصيل بأن يوصل كل مصباح علي أحد الأوجه فتكون الزاوية 120 بين كل مصباح والآخر فتقل ظاهرة الرعشة الضوئية بحدة.

(ب) استخدام دائرة مزدوجة من المصابيح Double Lamp Group

الجدول رقم 2-5 : مواصفات جوهرية للمصباح الفلورسنت القياسي

شكل أنبوبة المصباح	قدرة (بدون ملف خانق/به) ،وات	الفيض الأقصى (لومن)	الكفاءة (لو/وات)
مستقيمة	10 / 4	120	12
	12 / 6	240-220	20-18
	14 / 8	350-310	25-22
	14 / 10	480-460	34-33
	19 / 13	650-500	34-26
	19.5 / 15	600-580	31-30
	21 / 16	900-750	43-36
	25 / 20	1230-800	49-28
	32 / 25	1720-1150	54-36
	39 / 30	1900-1500	49-38
	51 / 40	2600-1750	51-28
	78 / 65	4800-2600	62-33
حرف U	21 / 16	920-720	44-34
	25 / 20	1000-830	40-33
	50 / 40	2700-1850	54-37
	78 / 65	4050-3300	52-42
دائرية	27 / 22	1100-980	41-36
	42 / 32	1900-1500	45-36
	50 / 40	2700-2150	54-43

هذا يعني تشغيل المصباحين علي التوازي حيث يتم توصيل مكثف تقديم في دائرة مصباح واحد منهما وبالتالي تظهر زاوية فرق بين المصباحين (الشكل رقم 2-5).

(ج) تشغيل المصباح بالتردد العالي HF Lamp

هو نوع المصباح الحالي والذي يتميز به عن المصباح الفلورسنت العادي.

3- قلة الضوضاء بالرغم من أنواع البلاست التي قد تحدث أزيزا.
4- فورية البدء وهي ميزة حيث لا نحتاج إلي الإنتظار حتي نصل إلي درجة حرارة معينة.
5- الكفاءة أعلي مقارنة مع العديد الآخرين.
6- أقل استهلاكا للطاقة الكهربائية وهو ما نحتاج إليه في القرن الحادي والعشرين حيث ترشيد إستخدام مصادر الطاقة هدفا.
7- الفقد الحراري بسيط جدا وهو ما يزيد من جودة التعامل والإستخدام.
8- تكاليف الصيانة منعدمة
9- انعدام الوميض أثناء عدم التشغيل وهو من العيوب التي كانت تخص المصباح العادي.
10- الإشعاع الحراري أقل بكثير فيساعد علي تقليل الحاجة إلي أجهزة التكييف لأن التراكم الحراري لن يظهر.
11- عمرها الافتراضي طويل مقارنة مع مصباح الفلورسنت العادي مما يعود بالنفع الإقتصادي علب المستهلك.

النوع الثاني: المصباح ذو الضغط العالي
High Pressure Lamp

تظهر هذه النوعية بالصغر وقد وصل طولها إلي 20 سم مع الخانق والمكثف وتتميز بما يلي:

1. **تستهلك ربع الطاقة المعادلة تقريبا (الجدول رقم 2-6) للمصباح الفلورسنت العادي حيث نجد أنها لا تتعدى 25 % من القدرة اللازمة للمصباح المماثل.**
2. **العمر يصل 15 ضعف الفلورسنت العادي.**

2 سهلة التركيب.

3 لا تحتاج إلي صيانة.

الجدول رقم 2 – 6: مقارنة إستهلاك المصابيح الكهربائية بالوات للنوع العادي والمضغوط

النوع المضغوط	الفلورسنت العادي	توفير الطاقة (%)
9	40	22.5
13	60	21.6
18	75	24
23	100	23

وتحتاج هذه النوعية من المصابيح إلي بعض التعليمات الهامة وهي:

1- عدم كسر الغلاف لأن داخله الضغط عالي ولا يمكن إلقائها بعد انتهاء عمرها مثلا.

2- لا يجوز تفكيك الغلاف أو المصباح أو تعديلها.

3- لا يجوز لمس الغلاف عند التركيب ويفضل التعامل بماسك Holder أو جهاز التركيب اليدوي Edison Screw Holder.

4- ممنوع إدخالها في دوائر الضبط الضوئي المسرحي Dimmer systems أو في التشغيل الآلي

5- لا يجوز زيادة الجهد عليها عن المقنن حتى لا يقصر عمر تشغيلها بشدة مثل بقية الأجهزة الكهربائية إذا ما خرجت عن المقننات القياسية.

6- يجب تقليل عمليات البدء بقدر الإمكان خصوصا وأن فترة البدء طويلة قد تصل إلي الدقيقة بينما المصباح فلورسنت عادي يستغرق من ثانية إلي ثلاث فقط.

7- عدم تركيبها في المواقع المائية والتي بها نسبة الرطوبة مرتفعة لأن الرطوبة ذات تأثير سلبي عليها.

8- يفضل استخدامها بعيدا عن الأجهزة الإلكترونية (مثل المذياع والتلفزيون وأجهزة اللاسلكي) منعا للتداخل بينهما.

9- تعمل هذه المصابيح بكفاءة ولها الحماية الخاصة بها (مصهر داخلي مثل مصباح التوهج).

10- يجب ألا تتعدى درجة الحرارة المحيطة عن 75° م مما يستوجب الإعتماد علي أجهزة التكييف في الأماكن الحارة.

يعطي الجدول رقم 2-7 مقارنة عامة بين المصباح المتوهج العادي (ذو الفتيلة تنجستن) وبين مصباح الفلورسنت العادي.

الجدول رقم 2 - 7: مقارنة بين خصائص مصباح الفلورسنت مع مصباح المتوهج (فتيلة تنجستن)

الخاصية	مصباح متوهج	مصباح فلورسنت
الضوء	تقريبا طبيعي	غير طبيعي ولكن هناك بعض الأنواع الحديثة تقترب منه
تمييز ألوان	تمييز تام	لا تمييز
عمر المصباح	700 ساعة	4000 ساعة
البدء علي عمر المصباح	لا تأثير	ذات تأثير كبير
التكلفة الثابتة	قليلة	عالية
التكلفة المتغيرة	عالية	قليلة
نصوع	عالي	بارد وهادئ
كفاءة ضوئية	ضعيفة	عالية
ثبات الضوء	ثابت	قابل للإرتعاش
تأثير الجهد علي الضوء	تنخفض شدة الضوء بشدة مع هبوط الجهد	لا تأثير
تأثير الجهد علي بدء التشغيل	أيضا تنخفض شدة الضوء بشدة مع هبوط الجهد	يتوقف المصباح تمام عن البدء عند الحدالأدني لجهد التشغيل
شدة الإستضاءة	لا تقل بالتقادم الزمني	تقل بالتقادم الزمني
إستهلاك قدرة	عالي	منخفض
التداخل مع الدوائر الإلكترونية	لا تأثير	تأثير ملحوظ

كما أن المقتن يتباين بين النوعين وذلك من أجل تحديد الظروف المناسبة لكل منهما فنجد في الجدول رقم 2-8 مقارنة بسيطة بين النوعين.

الجدول رقم 2 - 8: مقتن مصباحي التوهج والفلورسنت

المصباح المتوهج			المصباح الفلورسنت		
نوع المصباح	الكفاءة (لومن/وات)	النصوع (cd/m2)	نوع المصباح	الكفاءة (لومن/وات)	النصوع (cd/m2)
فتيلة كربون	3	52	بكابح تيار	59 39 62 50	0.7 0.45 0.75 0.55
فتيلة تنجستن	10 20 25 14	70 200 2400 12-3	بدون كابح تيار	77 49 80 65	0.7 0.45 0.75 0.55

يبين من هذه القراءات أن المصباح فلورسنت النوع يزيد في كفاءته كثيرا عن مصباح الفتيلة وكذلك يزيد عمر مصباح الفلورسنت عن الآخر بكثير بالرغم من التكلفة العالية الأولية لمصباح الفلورسنت إلا أنه الأفضل في بقية الخصائص.

النوع الثالث: النوع الموفر للطاقة

دخل المصباح الفلورسنت في التطوير لقدمه في الميدان التطبيقي وظهرت منه أنواعا عديدة موفرة للطاقة وأصبحت هامة تبعا للإستيراتيجية الحديثة عالميا للحفاظ علي مخزون مصادر الطاقة. ونرى في الجدول رقم 2 - 9 حصرا بسيطا لبعض هذه الأنواع المتداولة في الأسواق خصوصا وأنها تتميز بالآتي:

1- القطر أقل من النوع العادي بل هناك أنواعا مثل تلك المصابيح المتوهجة.

2- تسمح بتخزين أكبر لصغر قطرها وبالتالي حجمها مما ينعكس علي المساحات المخزنية المطلوبة للعدد الهائل منها.
3- لا تختلف في التركيب وأسلوبه عن النوع العادي مما يساعد علي سرعة الإستبدال والإحلال مكان المصابيح العادية.
4- توفر الطاقة بنسبة 10 – 15 % وقد تزيد عن ذلك مع إستمرار جهود البحث العلمي.
5- تأخذ أشكالا متباينة فتسمح بإضفاء لمسة جمالية علي المصابيح الكهربائية عموما.
6- لا تتأثر بدرجة الحرارة ولا بالظروف الجوية المحيطة.
7- يزيد عمرها الافتراضي عن تلك العادية وقد يصل إلي 7000 ساعة

الجدول رقم 2-9 : بيان ببعض أنواع مصابيح الفلورسنت الموفرة للطاقة

القدرة (و)	شكل الأنبوبة	الإضاءة (لومن)	طول أنبوبة (سم)	قطر (مم)	درجة اللون
18	طولية	1150 /1020	60	26	نهار/أبيض
20	حرف U	950	31	38	أبيض عادي
20	طولية	1150/1020	60	38	نهار/أبيض
22	دائرية	1000/1350	21.6 ϕ	29	أبيض بارد/عادي
32	دائرية	2000/1700/2050	30.7 ϕ	30	أبيض بارد /عادي / دافئ
36	طولية	3000/2500	120	26	نهار/أبيض
40	دائرية	2800/2300/2900	40.9ϕ	30	أبيض بارد /عادي / دافئ
40	حرف U	2800:2700	60.7-57	38	أبيض بارد /عادي / دافئ
40	طولية	3000/2500	120	38	نهار/أبيض
58	طولية	4800/4000	150	26	نهار/أبيض
65	طولية	4800/4000	150	38	نهار/أبيض
65	حرف U	4500/3400	76.5-57	38	أبيض بارد /عادي / دافئ

النوع الرابع: المصابيح المدمجة

تأتي أيضا المصابيح المدمجة بصفة صغر الحجم الشديد وهي تعمل بكابح إلكتروني أو ذلك التقليدي كما جاء في الجداول السابقة وتتصف بالضغط المنخفض وهي موفرة للطاقة الكهربائية المستهلكة لنفس القيمة الضوئية والكابح قد يكون عاملا بالتيار المغناطيسي ويمتاز بما يلي:

1- توفير الطاقة المستهلكة.

2- تجانس توزيع الإضاءة علي المساحة أو الحجم المطلوب إضاءته.

3- ذات دليل ممتاز في تمييز الألوان وهو ما يعتبر إضافة إلي هذه النوعية من المصابيح.

4- يزيد عمر المصباح عن المعتاد.

5- ينتج هذا النوع بقدرات منخفضة (الجدول 2 - 10) مما يعطي مجالا أكبر للاستخدام في كافة الميادين التطبيقية.

6- أمانة نقل الألوان لأنها تصدر اللون الأبيض مما يزيد من رقعة استخدامها بأمان.

الجدول رقم 2 - 10: بيانات مصباح فلورسنت مدمج (ديلوكس)

قدرة (و)	تيار بدء (ملي أ)	تيار مقتن (ملي أ)	كفاءة (لومن/و)	فيض (لومن)
5	45	200	50	250
7	75	350	57	400
11	105	450	66	600
15	130	500	82	900
20	170	600	60	1200
23	190	650	65	1500

جدير بالذكر أنه عند استخدام الكابح الإلكتروني تزيد الصفات المميزة ويضاف لها ما يلي:

1- ثبات الضوء وهو هدف منشود في هذا المجال.

2- زيادة عمر المصباح إلي 10000 ساعة تشغيل.

3- التخلص من مشاكل البدء في الإشعال مما يزيد من عمر المصباح.

4- عدم ارتفاع درجة الحرارة نتيجة التشغيل.

المحور الرابع: الأعطال الأساسية
Basic Faults

الجدول رقم 2 - 11: المواصفات الفنية الأساسية للمصباح الفلورسنت

نوع المصباح	قدرة الدائرة (و)	كفاءة الإضاءة (لومن/و)	شدة الضوء الأقصى (ك. لومن)	عمر المصباح (ألف ساعة)
سريع البدء	40	70-63	2.8-2.5	16 – 12
عالي الكفاءة	60 115	72-60 59-43	4.3-3.6 6.8-5.6	12 12-10
موفر للطاقة	36-34 92	83-69 65-54	3-2.5 6-5	12 12-10

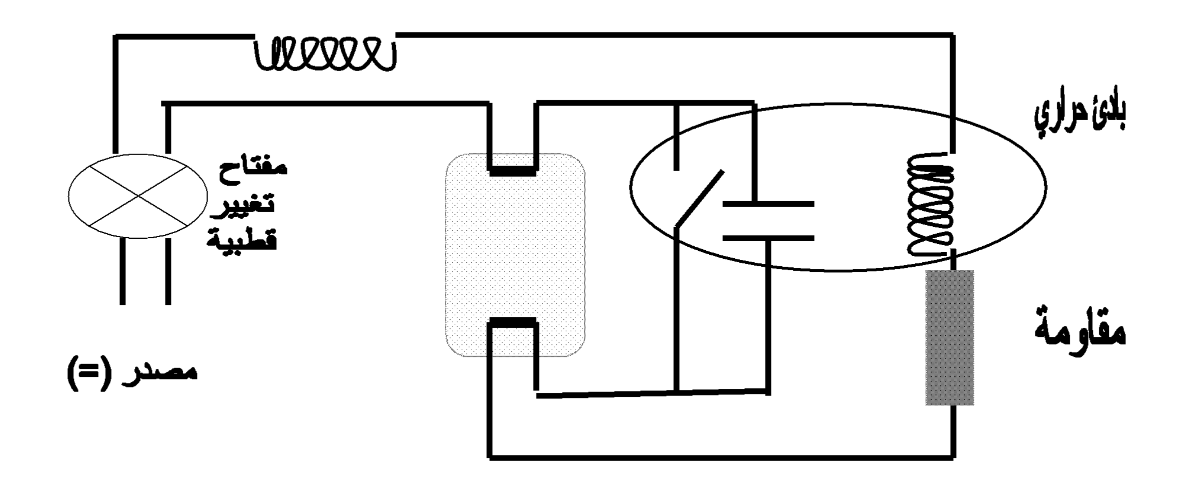
تتحدد المواصفات الفنية للمصباح بعدد من العوامل يأتي علي رأسها عمر المصباح وهو زمن تشغيل المصباح بالساعة وكفاءة المصباح ضوئيا بوحدات اللومن / وات وشدة الضوء الأقصى وهو ما يظهر في بداية التشغيل لأول مرة ولكن بعد مرور 100 ساعة لاستقرار الأداء ويعطي هذه البيانات الجدول رقم 2 - 11 لعدد من تلك المصابيح الكهربائية الخاصة والعادية وهي محددة للمصباح ذو الطول القياسي 120 سم وهي كلها مقننات قياسية وواردة في العديد من المواصفات الدولية والمحلية ومن خلال هذه البيانات نستطيع التعرف علي الأعطال بسهولة وهو الهدف من وضع هذه البيانات الآن.

الجدول رقم 2 - 12: الأعطال المعتادة في دائرة المصباح الفلورسنت

نوع العطل	السبب المحتمل	العلاج
لا يضئ المصباح عند غلق مفتاح الدائرة	انقطاع مصدر التغذية - فصل مفتاح التغذية - قطع في أطراف التوصيل – عطب البادئ أو الملف - قطع الفتيلة	التأكد من المصدر وسلامة التوصيل في الدائرة - تغيير البادئ أو الملف أو المصباح
بداية تشغيل بطيئة	المصباح قديم	تغيير المصباح
توهج الفتيلة والمصباح لا يضئ	تلامس طرفي البادئ جهد منخفض	قياس الجهد - تغيير البادئ
عدم بدء التشغيل	احتراق الملف الخانق	تغيير الملف
قصر عمر المصباح تكراريا	ارتفاع جهد المصدر	التأكد من قيمة الجهد ووضع منظم للجهد
رعشة ضوئية	عمر تشغيل طويل	تغيير المصباح
ضوء متحرك بالمصباح	المصباح جديد	إنتظار فترة أطول حتى الاستقرار
الرعشة الضوئية عند الفصل أو التوصيل	عمر المصباح انتهى - انخفاض الجهد – البادئ معيب – ربط الوصلات سيء - ظهور بقع سوداء	التأكد من قيمة الجهد - الكشف على البادئ وتغييره - مراجعة التوصيلات - تغيير المصباح

من الخبرة العملية الطويلة وما تجمع من أعطال في الكتب والمراجع والكتالوجات نجد الجدول رقم 2-12 يعطي حصرا لأهم الأعطال في دوائر المصباح الفلورسنت مجدولا للأسباب وكيفية التعامل معها ونظرا لأن هذه المصابيح بسيطة فالتعامل معها سهل.

الشكل رقم 2-9



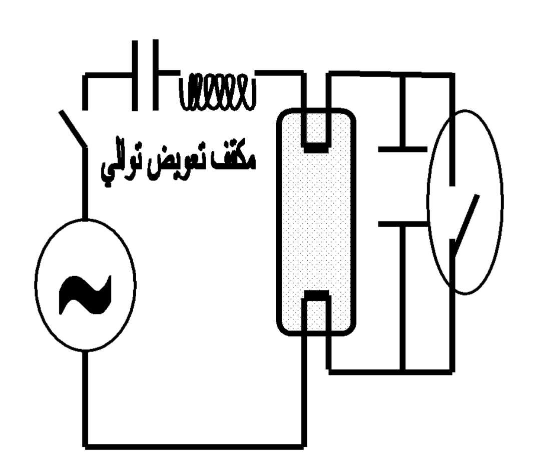
المحور الخامس: مصباح التيار المستمر
D C Lamp

يمكن لمصباح الفلورسنت العمل علي الجهد الثابت (غير المتردد) إذا ما تمكنا من كسر العزل الكهربائي بين الفتيلتين عند طرفي المصباح في وجود جهد بسيط كاف علي طرفي المصباح وهو ما يمكن أن يتم من خلال مقاومة (لها قيمة مقننة تبعا لقدرة المصباح كما هو مجدول في الجدول رقم 2 - 13)، وتدخل الدائرة علي التوالي لتقلل الجهد هذا ولكنها تستهلك الطاقة ويعطي الشكل رقم 2- 9 الدائرة الكهربائية لمثل هذا المصباح وكيفية الأداء، ففيه نجد أن الكفاءة الضوئية سوف تقل عن مثيله من العامل علي التيار المتردد إلي النصف نتيجة استهلاك الطاقة الكهربائية المماثلة في المقاومة التي تدخل في الدائرة علي التوالي.

الجدول رقم 2 - 13: المقاومة المقننة للمصباح العامل علي الجهد المستمر

طول أنبوبة	120 سم			60 سم		
مقنن المصباح	80 وات	40 وات	30 وات	40 وات	20 وات	15 و
200 ف	103	208	264	116	182	235
210	116	235	293	128	208	264
220	123	264	330	147	235	293
230	147	293	380	147	264	330
240	166	330	420	166	293	380
250	166	330	420	166	330	380

كما يحدث تسويد للمصباح بالقرب من الكاثود ولهذا السبب يوضع مفتاح عاكس الاتجاه كي تعمل الفتيلة كقطب موجب مرة ثم كقطب سالب مرة أخرى كي تتساوى كمية الانبعاث الإلكتروني منها علي جانبي المصباح فتستهلك الفتيلة بالتساوي ويكون هذا أطول عمر ممكن للمصباح، إضافة إلي أن البادئ من النوع الحراري Thermal Starter وتتأثر هذه المصابيح بدرجة الحرارة أيضا ولذلك توضع في جراب صناعي Acrylic Sheath حفاظا علي حرارة المصباح وهو ما يظهر فعالا عندما تقترب الفتيلة من الانتهاء. نلاحظ أن المقاومة تقلل التيار إلي ما دون الأمبير حتى تحمي الفتيلة من الاحتراق والمكثف في الدائرة لمنع التداخل مع الإشارات اللاسلكية والشوشرة الضوضائية ويوجد مفتاح مغير أطراف التوصيل كي يعطي القطب الموجب للفتيلة في أعلي المصباح مرة وللأخرى المرة الثانية وهكذا. يعتبر هذا النوع من أنسب الأنواع لوسائل النقل المتحركة والتي تعمل بالتيار المستمر مثل المترو والترام والقطارات المكهربة أو تلك التي تدار بمحركات الديزل مثل المركبات عموما بجانب الدراجات بأنواعها المختلفة.



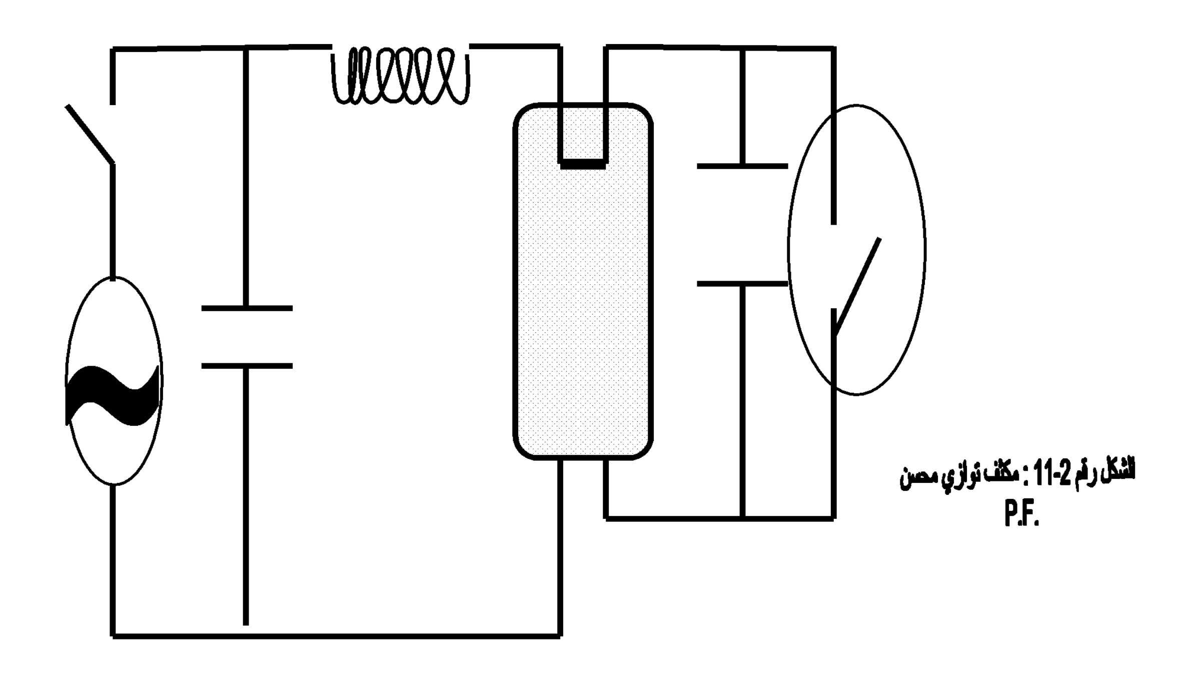
الشكل رقم 2-10: دائرة المصباح محسن P. F.

المحور السادس: تحسين معامل القدرة
Improvement of Power Factor

يعيب مصباح الفلورسنت خفض معامل القدرة في الدائرة وهو ما يؤثر بشدة علي إمكانية استغلال القدرة كلها أي ضياع قدر كبير منها خصوصا وأن معامل القدرة قد يصل إلي 0.4 أو 0.3 أحيانا ومن ثم نحتاج إلي تعديل أو تحسين هذا المعامل وهناك عددا من السبل للتوصل إلي ذلك ومنها:

الطريقة الأولي: توصيل المكثف توالي
Series Condenser

حيث أن الدائرة بها ملف فتكون دائرة تأخير وهو ما يتمكن التغلب عليه بإدخال مكثف بالدائرة، وهو إما أن يتم تركيبه بالدائرة علي التوالي (الشكل2-10) فيعوض قيمة الحث من الملف. ويتميز المكثف هنا بأن الجهد عليه صغيرا فيكون سعره أقل بينما يمر فيه التيار المار بالمصباح. ولا يجوز السماح بقيمة المكثف كي تحدث رنين.



الشكل رقم 2-11 : مكثف توازي محسن P.F.

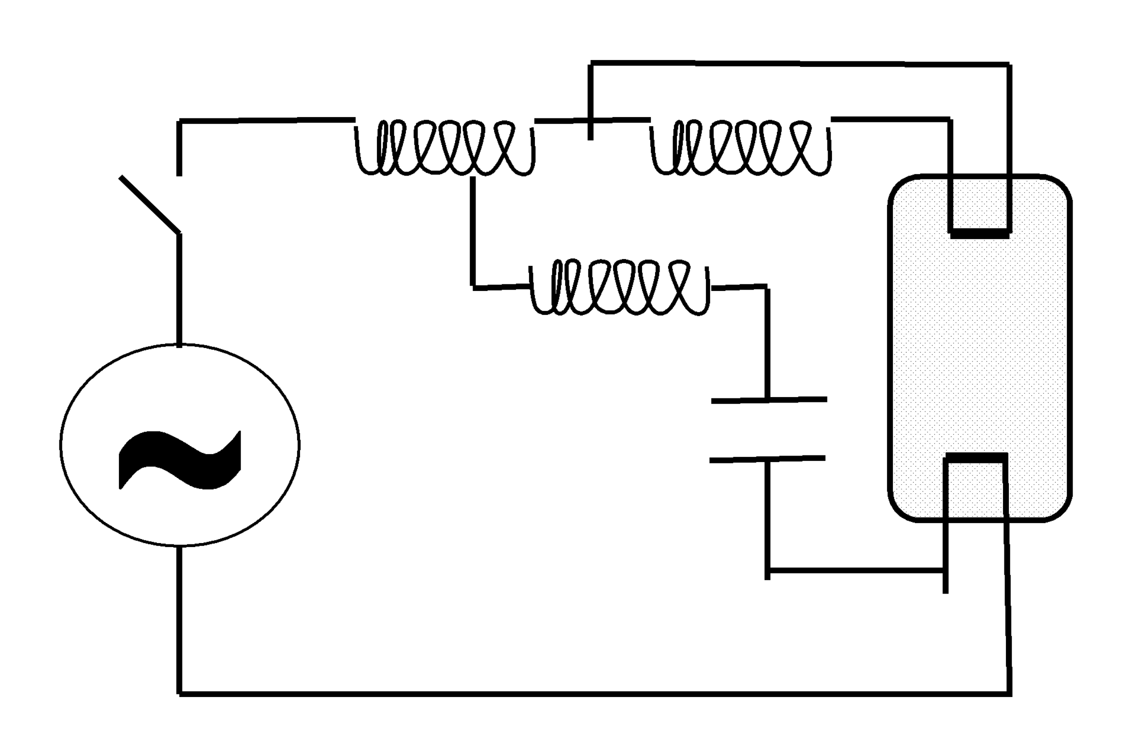
الطريقة الثانية: توصيل مكثف توازي
Shunt Condenser

يركب المكثف علي التوازي فيعوض التيار الكلي الداخل إلي الدائرة ونري في الشكل رقم 2- 11 أحد هذه الدوائر الكهربائية والتي تعتمد علي المكثف وهي من الدوائر الأساسية والأكثر تطبيقا مقارنة مع مكثفات التوالي لأن الجهد ثابتا ويمكن الاستعانة بمكثفات متواجدة لتطبيقات أخري وليس لمصباح الفلورسنت فقط ويمر التيار هنا تبعا للجهد وهو 220 فولت ويصبح المكثف مقنن في المتداول فعلا، ويجدول الجدول رقم 2- 14 أهم المقننات لمكثف تحسين القدرة في مصباح الفلورسنت.

الجدول رقم 2- 14 : مقننات مكثف تحسين القدرة في مصباح الفلورسنت

قدرة المصباح (W)	10	16	20	25	30	40	65
سعة مكثف توازي (μF)			3			4.5	7
سعة مكثف رنين (VAR)	30	40	80	55	70	70	110

ويمكن هنا تركيب مكثف واحد لمجموعة من المصابيح الكهربائية علي منبع واحد فتوفر في عددهم وفي استهلاكهم أيضا وفي بعض الأحوال تكون الناحية الاقتصادية هي الغالبة فيتم تفاضل تركيب المكثف علي جهة 11 ك. ف. أو ناحية 220 / 380 ف حسب القدرة الإجمالية لمجموع مصابيح الفلورسنت العاملة داخل النطاق.



الشكل رقم 2-12 : دائرة شبه رنين

الطريقة الثالثة: دائرة شبه رنين

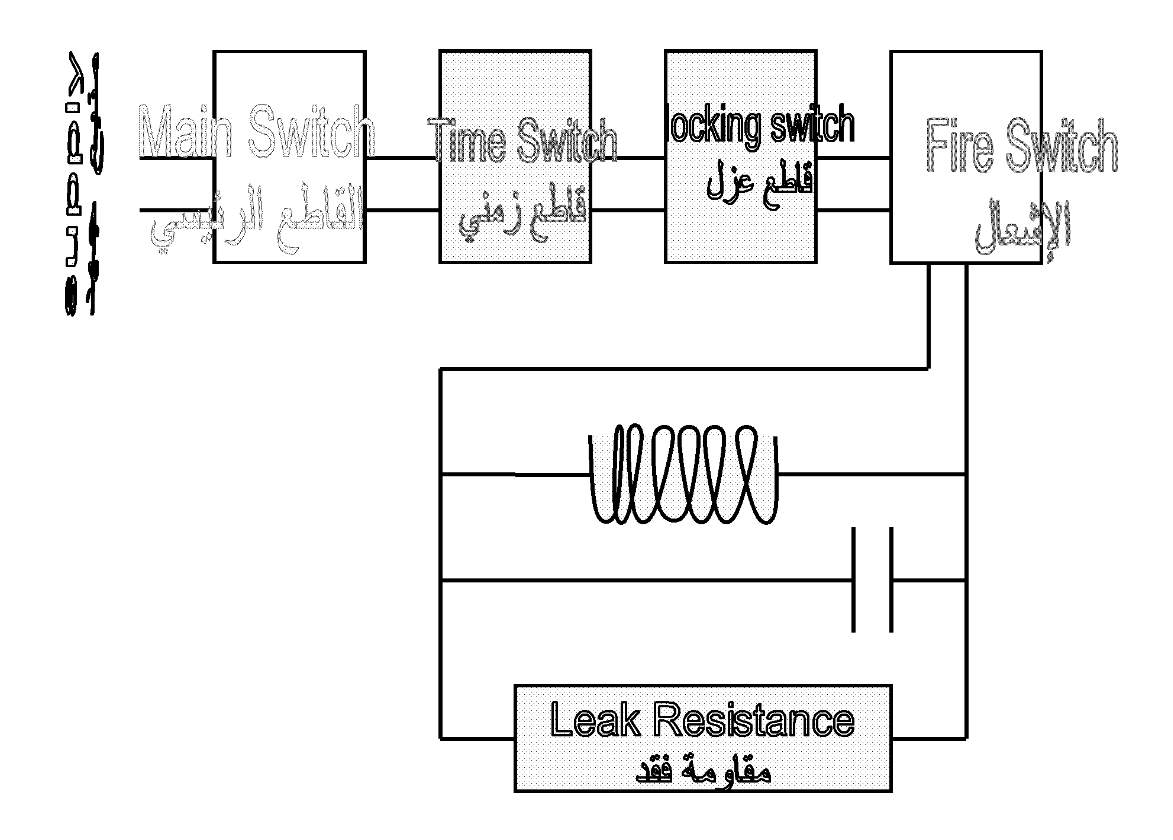
يعطي الشكل رقم 2-12 دائرة الرنين مع التسخين المسبق وهي تعرف بأسم دائرة شبه الرنين وتستخدم بكثرة في الإنشاءات الصناعية وكذلك في المحال التجارية والمكاتب الكبرى لتوفير الطاقة الكهربائية بها.

2 - 3: مصباح النيون
Neon Lamp

يعتبر مصباح النيون نوعا من هذه المصابيح التي تعمل بالتفريغ الغازي ولها من الخصائص الفريدة الهامة منها:

1- **جهد تشغيل عالي يصل إلي 5 ك. ف.**
2- **قطر الأنبوبة صغير جدا وقد يتراوح من 10 مم وحتي أكثر من 40 مم أحيانا.**
3- **التيار المار في المصباح قليل ضعيف جدا (25 – 150 ملي أمبير).**
4- **الدائرة مؤرضة تماما لحماية الأفراد ومنعا للتداخل مع الأجهزة الإلكترونية.**
5- **الكابلات والموصلات وجميع الأشياء للدائرة لا بد وأن تكون جيدة التوصيل مع الأرض منعا للتكهرب.**
6- **توافر الأمان الكهربائي.**
7- **توفير الطاقة بشكل ملحوظ.**
8- **يستخدم غاز النيون (يعطي الأشعة الحمراء) بجانب مساعد تآيني من الهيليوم أو الأرجون (يعطي أشعة زرقاء).**
9- **الأنبوبة ذات أطوال قصير لسهولة التجميع في أشكال وحروف ولذلك يستخدم في الإعلانات والديكور وهو عموما الأكثر انتشارا.**

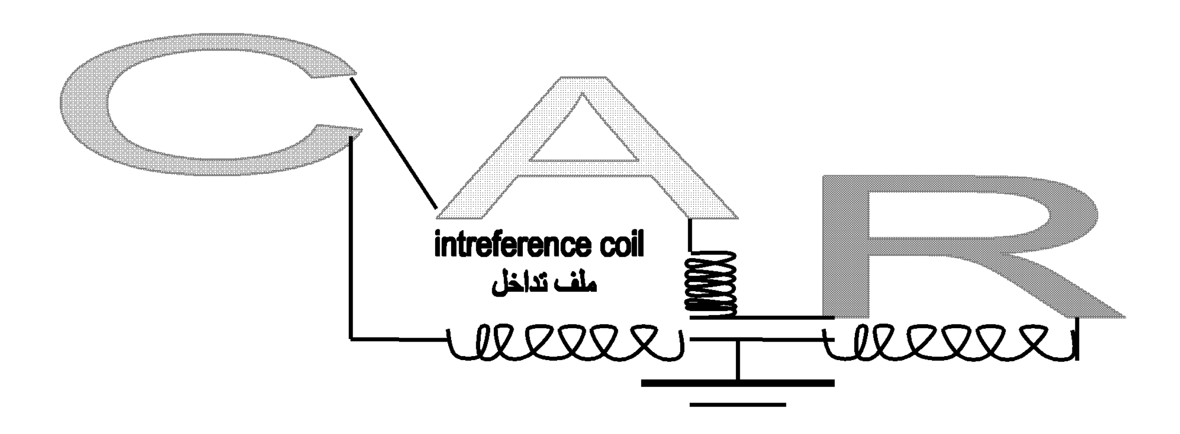
يقدم الشكل رقم 2-13 الشكل العام لدائرة مصباح النيون والتي تحتوي علي عدد من المفاتيح المتتالية وهم أربعة حيث يستقبل التيار من المنبع القاطع الرئيسي ويليه القاطع الزمني ثم القفل ثم مفتاح الإشعال حيث يتم التحكم في الدائرة بالأسلوب الكهروضوئي وهو ما يمكن أن نتعامل معه من أجل تقطيع الإضاءة أو التذبذب الضوئي المعهود في وسائل الإعلان الضوئية باستخدام مصابيح النيون.
كما نرى في الشكل رقم 2-14 رسما توضيحيا لكيفية توصيل قطع مختلفة من مصباح النيون حيث يتم توصيلها علي التوالي في الدائرة الكهربائية ويظهر في الشكل ملفات منع التداخل الكهرومغناطيسي مع الدائرة وهذه النوعية من أبسط الدوائر الكهربائية ولذلك فهي منتشرة بشكل ملحوظ علي جميع المستويات الإعلامية ومازالت في المقدمة.



الشكل رقم 2-13 : دائرة مبسطة لمصباح النيون

يقدم الشكل رقم 2-13 الشكل العام لدائرة مصباح النيون والتي تحتوي علي عدد من المفاتيح المتتالية وهم أربعة حيث يستقبل التيار من المنبع القاطع الرئيسي ويليه القاطع الزمني ثم القفل ثم مفتاح الإشعال حيث يتم التحكم في الدائرة بالأسلوب الكهروضوئي وهو ما يمكن أن نتعامل معه من أجل تقطيع الإضاءة أو التذبذب الضوئي المعهود في وسائل الإعلان الضوئية باستخدام مصابيح النيون.

كما نرى في الشكل رقم 2-14 رسما توضيحيا لكيفية توصيل قطع مختلفة من مصباح النيون حيث يتم توصيلها علي التوالي في الدائرة الكهربائية ويظهر في الشكل ملفات منع التداخل الكهرومغناطيسي مع الدائرة وهذه النوعية من أبسط الدوائر الكهربائية ولذلك فهي منتشرة بشكل ملحوظ علي جميع المستويات الإعلامية ومازالت في المقدمة.



الشكل رقم 2-14:أسلوب توصيل أجزاء مصباح النيون

الباب الثالث

مصابيح تفريغ ضغط عالي ومنخفض
Discharge Lamps of High & Low Pressure

مع ظهور التفريغ الكهربائي وما يصاحبه من أشعة مرئية أو غير مرئية والتي تبين إمكانية تحويلها إلي مرئية جعل موضوع التفريغ في الغازات عملا هاما يحتاج إلي المزيد من البحث والدراسة وبعد أن تعرفنا علي مصابيح النيون والفلورسنت نجد أنه من الممكن أيضا دخول غازات أخرى إلي الميدان فيجعل التفريغ بكفاءة أعلي من الناحية الضوئية. ولذلك نجد مصباحين هامين قد ظهرا في ميدان الإضاءة مثل الصوديوم والزئبق وقد تطور الأخير بالخلط مع المعادن ومنها ظهرت مصابيح الهاليد كما أن الخواص قد تتباين لذات الغاز أو المعدن المستخدم إذا تغير الضغط داخل أنبوبة التفريغ وهو ما أتاح العديد من التطبيقات لأي من هذه النوعيات وهو الموضوع ما سوف نستعرضه بالنسبة لهذه الأنواع الثلاثة في البنود التالية.

3-1: مصباح الصوديوم
Sodium Lamp

يوجد نوعان من مصابيح الصوديوم تبعا للضغط بداخلها نفرد لهما السطور التالية.

أولا: مصباح الصوديوم منخفض الضغط
Low Pressure Sodium Lamp

تعمل هذه المصابيح عند الضغط المنخفض (حوالي 3 ملي مم زئبق) وهو الضغط الأمثل لتحويل الطاقة من القوس الكهربائي داخل الغاز إلي طاقة ضوئية مرئية وتتكون من:

1- أنبوبة زجاجية علي هيئة حرف U تتحمل درجات الحرارة العالية وتأخذ هذا الشكل كي تقلل من طول المصباح فيكون سهلا في أعمال الصيانة.

2- تحتاج الأنبوبة السابقة إلي غاز قابل للتآين ويعطي أشعة مرئية أو غير مرئية يمكن تحويلها إلي مرئية سواء كان بطريقة مباشرة أم لا ولذلك يوضع بداخلها الصوديوم (حيث أن نقطة انصهاره أعلي قليلا من الزئبق فنجد أن الحرارة مرتفعة) والنيون بجانب مادة الأرجون وهو الغاز الخامل وبنسبة 1 % كي يعمل علي خفض جهد التآين في الغاز الناتج مثل بخار الصوديوم حيث تحتاج عملية التفريغ إلي وعاء وغاز قابل للتآين بجهد المنبع المسلط عليه.

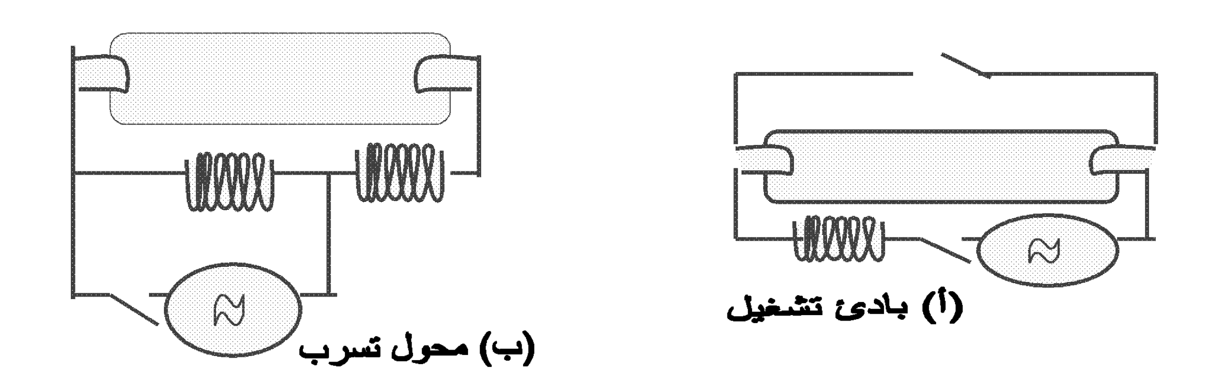
3- وسيلة بدء التفريغ الكهربائي داخل الغاز حيث توجد الفتيلة وعليها الطلاء من مادة تنجستن كي تساعد علي الانبعاث الإلكتروني من الكاثود وتستغرق عملية بدء التشغيل ما يقرب من 5-10 دقائق وإن كانت مدة طويلة إلا أنها تصلح في الأماكن التي يستمر فيها الضوء والإضاءة لمدة طويلة مثل إنارة الشوارع والأسواق ومواقف السيارات والمخازن وأرصفة المواني والمطارات والسكك الحديدية والمحاجر والمعابر، ويكون مناسبا أكثر في حالة الضباب حيث يخترق اللون الأصفر هذه الكثافة المعتمة للضباب.

4- توضع هذه الأنبوبة داخل وعاء زجاجي أنبوبي أيضا مزدوج الجدارين حيث الداخلي يطلي بمادة الصوديوم بطريقة متجانسة ومتساوية التوزيع ويجب أن يتجه رأس المصباح إلي أعلي كي لا يترسب الصوديوم أسفل المصباح بجوار القطب (الفتيلة) ومن الممكن أن يوضع أفقيا أيضا، وللمحافظة علي درجة حرارة المصباح يجب منع الفقد الحراري من تيارات الحمل والتوصيل الحراري بالعزل الحراري الجيد وهو ما يسبب وجود هذا الغلاف الزجاجي كما تواجد أكسيد الأنديوم الرقيق (0.31 ميكرو متر سمك) يعمل علي تحسين كفاءة الإضاءة لأن هذه الطبقة تعمل كعاكس ضوئي خصوصا وأن اللون هنا يكون خاليا من اللون الأحمر فتقل الحرارة. ويعطي الجدول 3-1 تغير الكفاءة لنوع الأنبوبة ويظهر تعادل القدرات داخل المصباح بالصيغة:

قدرة الدخل للمصباح = الفقد في الأقطاب + الفقد في التفريغ الكهربائي (3-1)

يتم توصيل هذا المصباح في الدائرة الكهربائية مع مقاومة أو ممانعة (ملف) من أجل توزيع الجهد علي المصباح وباقي مكونات الدائرة وكذلك من أجل تقليل التيار المار بالمصباح ويعطي هذا المصباح ضوءا يميل إلي الاحمرار في بداية عملية التفريغ ولكنه يتحول إلي اللون الأصفر بعد الاستقرار وسخونة الغاز والذي تصل حرارته إلي حوالي 260° م، ولكن كفاءة الإضاءة مرتفعة حيث تصل إلي 160– 180 لومن / و لأن الإشعاع الصادر له طول موجي يقرب من 589 نانو متر وبذلك يقترب من

الأطوال القصوى للضوء المرئي وهذا النوع يستخدم في إضاءة الشوارع لأن أمانة نقل الألوان ضعيفة، ومن ثم لا نحصل علي ألوان الأشياء مثل الحقيقة.
ويوجد هناك نوعان من مصابيح الصوديوم منخفض الضغط هما مصباح الصوديوم وحيد النهاية Single ended lamp ومصباح مزدوج الأطراف double ended linear lamp فنري أن القدرة تتوزع علي المصباح ومكوناته في الصورة:



الشكل رقم 3-1: دائرة مصباح الصوديوم

قدرة الفقد في المصباح = الفقد الحراري + إشعاع التفريغ **(2-3)**

الجدول رقم 3-1 : تأثير طلاء الأنبوبة علي كفاءة الإضاءة

نوع العزل (طلاء)	أقصى إضاءة (و)	كفاءة (لومن/و)
أنبوبة غير معزولة	1150	65
أنبوبة محاطة بأخرى مفرغة	490	110
الأنبوبة الخارجية مطلية بأكسيد الصعيع	200	160
الأنبوبة الخارجية بطلاء بأكسيد الأنديوم	166	180
أنبوبتان خارجية بطلاء أكسيد الأنديوم	110	200
أنبوبتان خارجية بطلاء أكسيد الأنديوم والمصدر موجات مستطيلة (غير جيبية)	110	220

أما عن دائرة المصباح فنراها في الشكل رقم 3-1 (ب) حيث يتم التوصيل مع محول ذاتي لتجهيز جهد اشتعال (400-600) ف ، ونري أن الفقد الحراري يمثل بالمعادلة

الفقد الحراري = فقد الأقطاب + فقد الحجم والجدران بالطلاء عليه (3-3)

قد يضاف مكثف علي التوازي لتحسين معامل القدرة المنخفض والذي يقترب من 0.3، ويضع الجدول رقم 3-2 مقننات هذه المكثفات وهناك طريقتان للتوصيل (الشكل رقم 3-1):

(أ) طريقة التوصيل الحثي باستخدام بادئ تشغيل (الشكل أ).
(ب) توصيل محول التسرب (محول ذاتي) لتجهيز الفتيلة للانبعاث الإلكتروني (الشكل ب).

كما نجد أن الإشعاع هو مصدر الإضاءة ولذلك يمكن تبسيط قيمته في الشكل

إشعاع التفريغ = إشعاع الطيف المرئي + إشعاع ما دون الأحمر (3-4)

كما أنه بجانب ذلك نجد القدرة في التفريغ الغازي تتمثل في

القدرة في التفريغ الغازي = الفقد في حجم وجدران المصباح + إشعاع التفريغ (3-5)

لأن كفاءة الإضاءة عالية تظهر معاملات مؤثرة علي الضوء الناتج عن هذه المصابيح تحتاج إلي التنويه وهي:

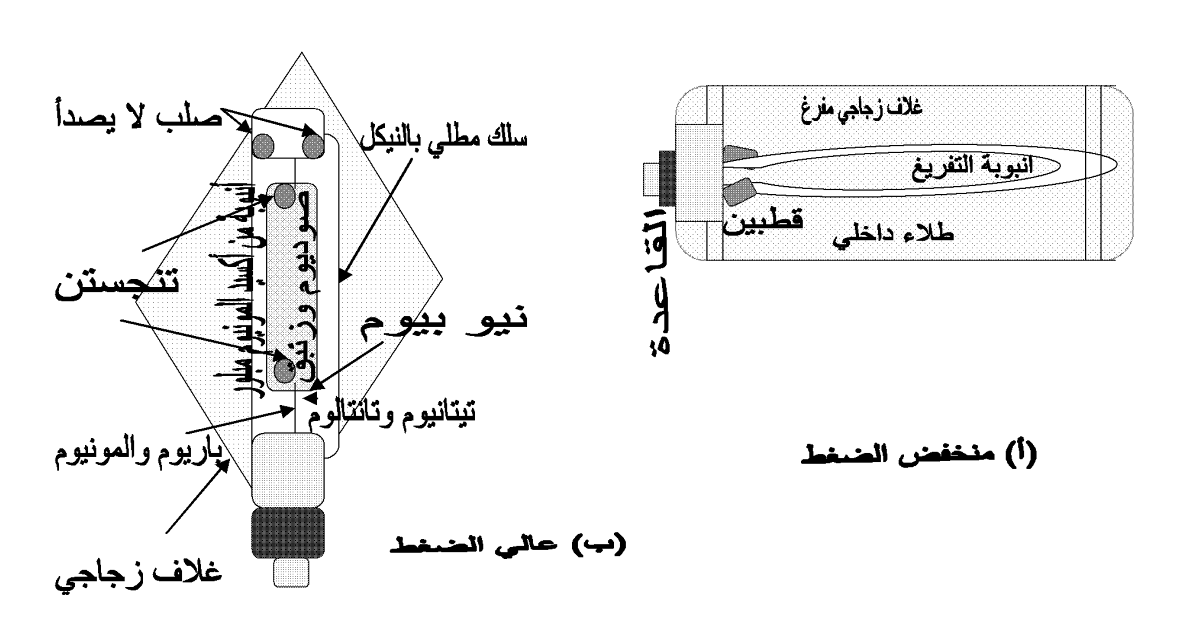
1- اتجاهات الإضاءة وهي تتعامل مع الفراغ ولذلك يكون هناك ثلاث محاور متعامدة (الكارتيزيان) وقد تتباين قيمة الضوء لنفس المسافة علي كل منهم.
2- توزيع الإضاءة السطحية وهي أيضا قد تختلف من مكان إلي آخر مما يكون من الضروري معه التعرف علي هذه الخاصية لتحديد صلاحية هذه المصابيح في الإضاءة المطلوبة.

3- الظلال ومنها الأفقية وكذلك الرأسية فالأولي تتأثر بارتفاع المصدر الضوئي عن السطح المضاء وكلما ارتفع المصباح كلما زادت الظلال الأفقية بينما الثانية تعتمد علي زاوية انتشار المصدر الضوئي وتكون جيدة مع الكشافات الضوئية ضيقة الزاوية مثل مصباح البقع الضوئية والمستخدم في الأعمال المسرحية.

الجدول رقم 3-2: مقننات مكثفات دائرة مصباح الصوديوم

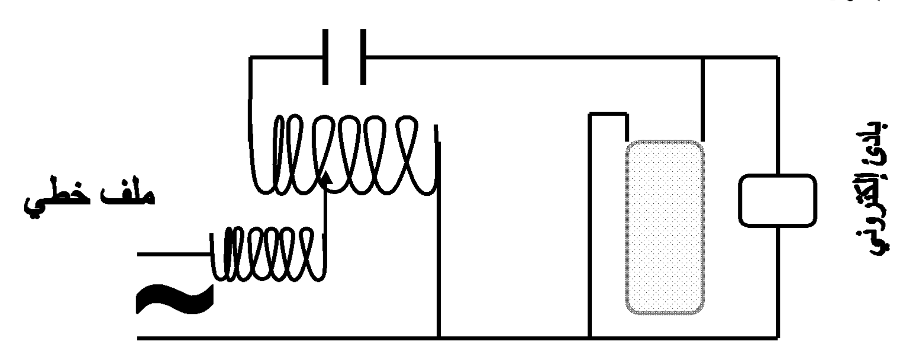
قدرة المصباح (W)	35	45	55	60	90	140	180
سعة مكثف توازي (μF)	20		20		13.5 ×2	13.5 ×2	25+20
سعة مكثف رنين (VAR)		350	355		360	380	

أما بالنسبة لعمر المصباح حيث يزيد من عمره حسن اختيار المواد المكونة له وكذلك تكنولوجيا تشغيله لأن المصباح ينتهي عمرة بتوقف الفتيلة عن بث الإلكترونات الحرة، بينما توزيع الصوديوم ودرجة حرارة تشغيله يؤثران في هذا العمر وكلما قلت درجة الحرارة كلما زاد العمر وهو ما يمكن الوصول إليه بزيادة الأرجون ليزيد من عملية التآين فيرفع جهد التفريغ الكهربائي striking voltage، ويتراوح المتوسط في حدود 15000 ساعة. كما يقل شدة الضوء بالتقادم الزمني للتشغيل بنسبة تقترب من 15 %.



الشكل رقم 3-2 : تركيب مصباح الصوديوم

هكذا تتشابه فكرة مصباح الصوديوم منخفض الضغط إلا أن القوس الكهربائي في الصوديوم ينتج مباشرة الأشعة المرئية دون الحاجة إلي المادة الفسفورية ولا تعتمد كفاءة الإضاءة علي جهد المنبع مادام مقتن الجهد لا يزيد أو يقل عن 6 % من المقتن ولكن يعيبه طول فترة البدء (10 دقائق) وعند إعادة البدء السريع لا نحتاج إلي هذه الفترة مادام المصباح لم يعود إلي حالة استقرار عدم العمل. يبين الشكل 3- 2 التركيب العام لمصباح الصوديوم منخفض الضغط ويوضح توزيع مواقع بوتقة الصوديوم علي طول مسار الأنبوبة لضمان التوزيع الحراري المنتظم بها حيث يتكثف بخار الصوديوم مقللا من كفاءة الإشعاع ولكن بهذه البوتقة والموزعة كما في الشكل تتجانس الأشعة المتولدة ولهذه المصابيح مقتنات محددة بالجدول 3- 3.



الشكل رقم 3-3 : دائرة المصباح مع الكابح الهجيني

الجدول رقم 3-3 : المواصفات القياسية لمصابيح الصوديوم منخفضة الضغط

قدرة المصباح (و)	جهد البدء (ف)	جهد المصباح (ف)	كفاءة الضوء (لومن/و)	طول المصباح (مم)
18 / 35	/390	/70	100/133	216/310
55	410	105	145 -140	425
90	420	115	150 -140	528
135	575	160	167 -159	775
180	575	245	183	1120

إضافة إلي ذلك نجد أن مصابيح التفريغ من حيث المبدأ تعتمد علي المكونات ومن المواد المصنعة منها وكذلك البخار ودرجة حرارته والمواد المخلوطة مع الغاز الأصلي مما يشجع العلماء علي المضي قدما في هذا الاتجاه وصولا إلي أفضل ضوء مع أقصي أمانة في نقل الألوان تحت الإضاءة. كان المحول الذاتي شائعا في الماضي ولكن الموجة المستطيلة ترفع القدرة الضوئية وتقلل من جهد البدء فظهر الملف المعروف باسم الكابح الهجيني hybrid ballast وهو يحتوي علي بادئ إلكتروني مستقل وكابح للتيار في صورة ملف ذو حث خطي الخواص بجانب ملف التشبع غير الخطي ومكثف مما يظهر معها الموجات التوافقية (خصوصا الثالثة) وهو ما يسبب نبضات بجهد 950 ف بتردد 50 ك. هيرتز أثناء البدء (الشكل رقم 3 - 3) وهو ما ينفصل تلقائيا بعد نجاح البدء مع تواجد مكثف لمنع التداخل الموجي. كما يظهر الجدول رقم 3 - 4 المقارنة التقنية بين المحول الذاتي والكابح الهجيني لمصباح قدرة 90 وات.

الجدول رقم 3-4 : مقارنة بين مواصفات المحول الذاتي والكابح الهجيني

البيان	وزن (كجم)	فقد (و)	3 rd Harm (%)	كفاءة (لومن/و)	تيار اللاحمل/ تيار المصباح	إعادة البدء
المحول الذاتي	7.7	35	40	107	3	غير لحظي
الكابح الهجيني	3.3	21	7.5	118	0.9	لحظي

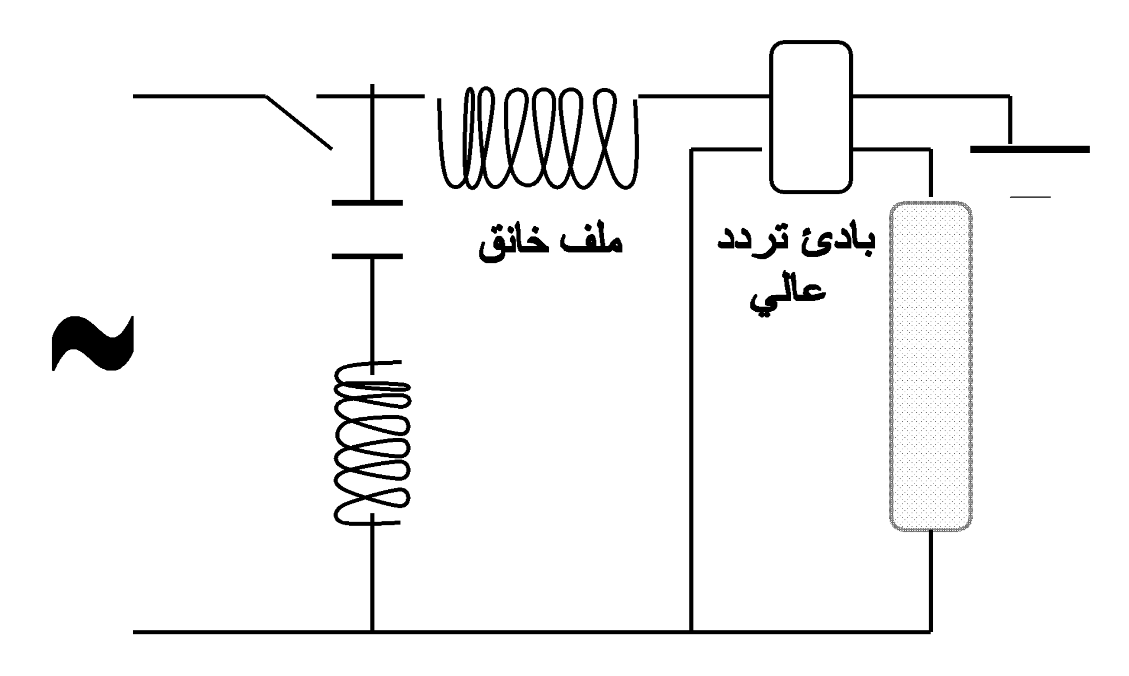
بعد أن تحسنت الخواص وتقدمت الصناعة لهذه النوعية من المصابيح تداولت بكثرة وعلي نطاق واسع كما نرى في الجدول 3-4 المقتن منها ومواصفاته الأساسية مع إظهار الجهد الأدنى لتشغيل المصباح وهي من الصفات الجوهرية لهذه النوعيات من المصابيح الكهربائية كما أنه يبين أيضا قيمة الجهد علي المصباح وهو ذو علاقة بالجهد من المنبع والذي يتوزع بأسلوب المتجهات علي المصباح والملف الخانق الذي يدخل علي التوالي معه في الدائرة الكهربائية.

الجدول رقم 3-5 : مقننات مصابيح الصوديوم منخفض الضغط المتداولة في الأسواق

قدرة (و)	جهد مصباح (ف)	أدني جهد تشغيل (ف)	تيار (أ)	أقصي ضوء (لومن)	الكفاءة (لومن/و)
45	80	340	0.6	3500	78
60	105	340	0.6	5000	83
85	160	400	0.6	8000	94
140	160	410	0.9	13000	93
200	260	600	0.9	22000	110

ثانيا: مصباح الصوديوم عالي الضغط
High Pressure Sodium Lamp

إن الضوء الصادر عن مصباح الصوديوم أحادي اللون ولكن بالنسبة لزيادة الضغط إلي حدود 60 مم زئبق يتحول طول الموجة إلي مدي من الأطوال فيظهر اللون الأبيض الذهبي مع تداخل لموجة اللون الأحمر والأصفر بجانب قليل من اللون البنفسجي والأزرق، ويرجع اتساع مدي الطيف اللوني هنا رفع درجة الحرارة حتى 1500 ْم وبذلك لزم إحكام غلق أنبوبة التفريغ عند النهايات ومع الأقطاب أيضا لتواجه هذه الزيادة الحرارية العالية. ويتم ذلك بمساعدة المعادن والزجاج إضافة إلي اكتشاف مادة أكسيد الألومنيوم (الأمونيا) متعدد البلورات والمتبلد وما لها من خصائص وما يتبعها من ضرورة إحكام غلق الأنبوبة. تتكون الأقطاب من ملف من تنجستن مطلي بطبقة إشعاعية ومثبت علي قضيب من ذات المعدن ومتصل من خلال أنبوبة من معدن النيوبيوم (معامل التمدد مساوي لمعامل أنبوبة التفريغ) مجوفة لتفريغ الأنبوبة الرئيسية والتي تصنع من مادة السليكون عالي الجودة ومن ثم شحنها بالصوديوم والغاز الخامل (الشكل رقم 3- 2 (ب))، وتحتوي أيضا أنبوبة التفريغ علي الفتيلة وتملأ بغاز بادئ (وهو يشبه إلي حد كبير مصباح الزئبق). كما توضع هذه الأنبوبة داخل غلاف زجاجي مفرغ لعزلها حراريا وحمايتها من التأثيرات الخارجية ويوجد قليل من الزئبق (ذو الموصلية الضعيفة) لأنه يرفع الكفاءة الضوئية لسببين هما:



الشكل رقم 3-4: دائرة مصباح صوديوم ضغط عالي

الأول: خفض الفقد الحراري لأن الموصلية للخليط من غازين تقع بين موصلية كل منهما أي يتم خفضها فعلا ولتقليل الفقد في التوصيل الحراري يرفع ضغط بخار الزئبق إلي ما يقرب من ثمانية أمثال عن ضغط بخار الصوديوم.

الثاني: يغتبر هذا الثاني هاما لأن تقليل الفقد الكهربائي للقوس الكهربائي نتيجة نوعية البلازما الناتجة في هذه الحالة يكون هدفا جوهريا، خصوصا وأن المصباح له مقاومة سالبة للعلاقة بين الجهد والتيار (negative characteristic).

تصل شدة الضوء إلي 80 % من المقنن بعد 6 دقائق من لحظة البدء خصوصا وأنه يحتاج إلي بادئ إلكتروني (الشكل رقم 3- 4) كما يحتاج إلي ثلاث دقائق لإعادة التشغيل والبدء من جديد بعد إطفاء المصباح حيث يتواجد القليل من غاز النيون لتسهيل مهمة بدء المصباح، وقد ظهر مؤخرا بادئ فوري ولا يحتاج إلي الانتظار وهي عبارة عن أجهزة خاصة صنعت لهذا الغرض وتعتمد علي شكل المصباح وقدرته وجهد تشغيله (1.8 – 5 ك. ف.). ويضاف إلي هذه النوعية ناشرا للضوء في حالات الإضاءة الغامرة خصوصا في إنارة الملاعب الكبرى وأرصفة الشحن والموانى والمطارات بالرغم من قلة مستوى نقل الألوان بأمانة كاملة ولكنه صالح عند عدم الحاجة إلي الألوان وضرورة إضاءة الموقع بشكل مكثف. ويحدد الجدول رقم 3-6 بعضا من المصابيح المتداولة في الأسواق.

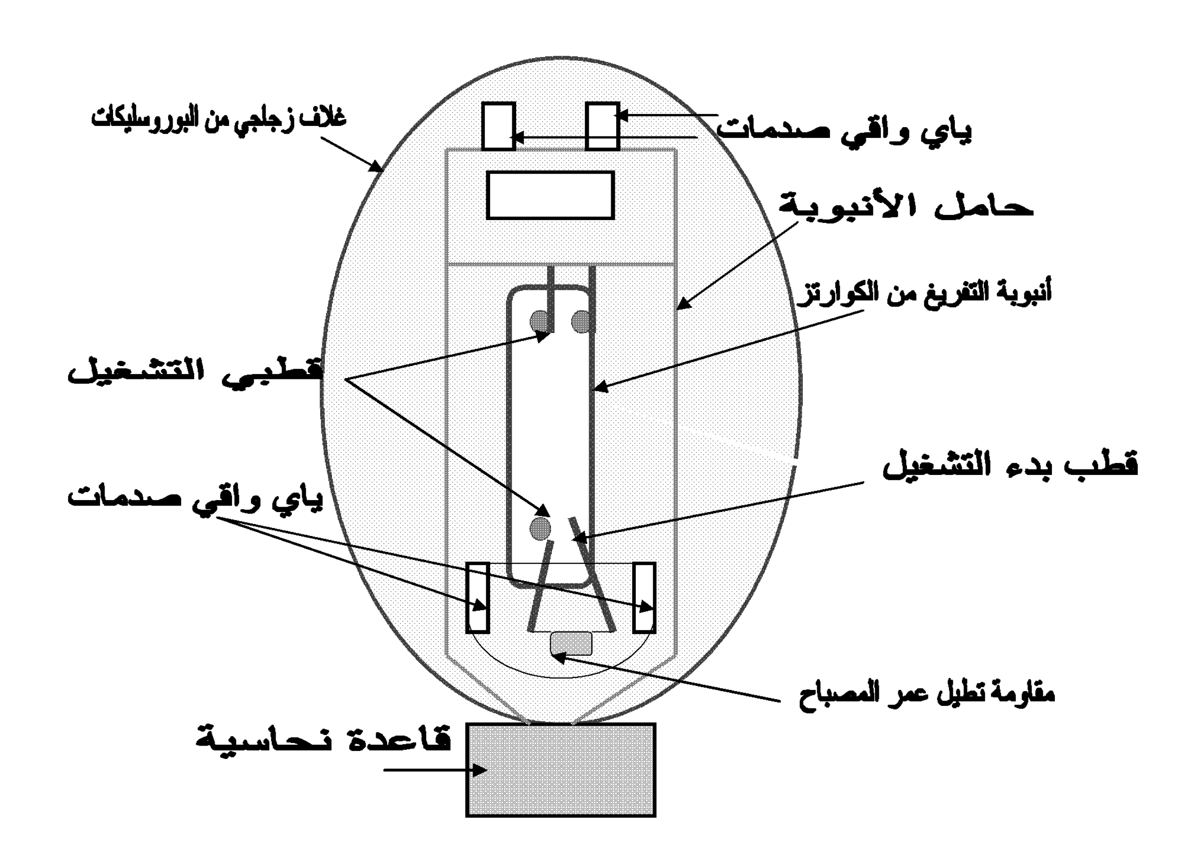
الجدول رقم 3-6: أنواع مصابيح الصوديوم عالي الضغط المتداولة في الأسواق

نوع	قدرة (و)	أقصى ضوء (لومن)	قطر متوسط (مم)	أقصى طول (مم)	مكان استخدام
النوع الكروي	35 70	2000 4800	126 126	190 190	مناطق سكنية وشوارع داخلية
النوع الأنبوبي	150 250 400	12500 23000 38000	46 46 46	211 257 285	شوارع داخلية مواني ومطارات
النوع البيضاوي	35 70 150 250 400	1850 4800 12000 22000 36000	55 70 90 90 120	130 156 226 226 285	شوارع غامرة لأرصفة شحن وملاعب كبيرة

يتأثر عمر المصباح والذي يصل إلي 24000 ساعة (عمر طويل) علي عدد مرات البدء خصوصا وانه يعمل علي تردد عالي HF Ignition ومرات ارتفاع الجهد من المصدر ويعتمد إلي حد كبير علي مكونات المصباح ذاته ويتواجد علي الساحة عددا من النوعيات المتطورة نذكر منها مصباح الصوديوم وأكسيد القصدير Tin- Oxide Sodium Lamp وتعرف بالرمز TOX ويطغي فيها اللون الأصفر ويصلح للأنفاق والمحاجر والطرق السريعة وهذه النوعية من أكثر المصابيح انتشارا علي المستوى الدولي وليس بمصر وحدها وهو في متناول الجميع أفرادا وصناعة أو إدارات وقد أخذ السعر في النزول باستمرار.

2-3: مصباح الزئبق
Mercury Lamp

من الضروري الإشارة إلي أنه يرمز لهذه النوعية (مصباح الزئبق) بالرمز HPMV وهو يعني مصباح بخار الزئبق عالي الضغط High Pressure Mercury Vapor Lamp حيث يشابه مصباح الصوديوم عالي الضغط إلا أن الزئبق يحل محل الصوديوم. ويدخل في هذه الصفات بعضا من التعديلات سواء في المادة المساعدة أو أسلوب العمل بها وحتى لا يتكرر الكلام. نتناول هذا المصباح في نقاط كما يلي:



الشكل رقم 3-5 : تركيب مصباح الزئبق

أولا: تكوين المصباح

يتكون المصباح كما نراه تخطيطيا في الشكل رقم 3- 5 مثل مصباح الصوديوم عالي الضغط ويظهر بجانب القطبين الرئيسيين قطبا ثالثا مساعدا في عملية بدء الإشعال وقد يكون هذا القطب المساعد قطبين بدلا من واحد وضغط المصباح يتراوح بين 2 و 10 بار به بخار مع الغاز الخامل وهي مصابيح عالية الكثافة، ويتم توصيل القطب المساعد هذا مع القطب البعيد في الطرف الآخر من الأنبوبة من خلال مقاومة 10 – 30 كيلو أوم.

ثانيا : دائرة المصباح

وتأخذ الدائرة الكهربائية نفس الشكل الخاص بمصباح الصوديوم كما في الشكل 3 – 1 (أ) ولكن بدون بادئ خارجي حيث يعمل قطب البدء داخل الأنبوبة بهذا العمل وهو من يقوم بالبث الإلكتروني فيحث التفريغ الداخلي ويستهلك البدء فيها حوالي (4–8 ق)، ومعامل القدرة لهذه المصابيح منخفضا (0.5) وبالتالي يحتاج إلي مكثف لتحسينه كما في الجدول 3-7.

الجدول رقم 3-7 : مقننات المكثفات المستخدمة لتحسين معامل القدرة

قدرة المصباح (W)	50	80	125	250	400	1000
سعة مكثف (µF)	7	8	10	18	2(13.5)	3(20)
قدرة مكثف (VAR)	105	125	155	280	385	920

أما متوسط الكفاءة فهو يقترب من 50 لومن / وات ويحتاج المصباح إلي حوالي 4 دقائق للوصول إلي الضوء المقنن ويحتوي الطيف الصادر عنه علي اللون الأحمر المائل إلي البياض والأبيض المائل إلي الزرقة وتصل قدراتها إلي 2 ك. و. بفيض غامر هو 100000 لومن ويطلي الغلاف من الداخل بمسحوق الفلورسنت وصولا إلي الضوء الأحمر وحيث أنها تتميز بالعديد من الصفات والخصائص فهي واسعة الانتشار ، وتستخدم في السكك الحديدية والمطارات والموانئ والورش والمراكز التجارية وكذلك الشوارع ويظهر في الجدول رقم 3- 8 عددا من المصابيح المتداولة من هذا النوع وبياناتها

الفنية . ويحتاج المصباح إلي مدة زمنية لإعادة التشغيل بعد الفصل وهو ما يعيب هذا النوع ولهذا يستخدم بجانبه بنسبة ضئيلة المصابيح الكهربائية العادية فورية الإضاءة .

الجدول رقم 3-8 : مقننات مصابيح بخار الزئبق وأكسيد القصدير المتداولة في الأسواق

قدرة (و)	جهد المصباح (ف)	تيار (أ)	أقصي ضوء (لومن)	الكفاءة (لومن/و)
40	75	0.5	4400	110
60	115	0.7	7100	118
100	125	0.95	12500	125
150	185	0.94	20500	135
200	265	0.9	30000	150

تعتمد كفاءة المصباح مثل الصوديوم علي كثافة البخار داخل أنبوبة القوس الكهربائي ومن الممكن تحسينها باستخدام المواد الفسفورية وبالاستعانة بفتيلة من تنجستن داخل أنبوبة التفريغ لتعمل مثل الخانق ، وتعتمد نظرية عمل هذا المصباح علي التفريغ في الغازات والتصادم الإلكتروني داخل الأنبوبة ولهذا يوجد قطب مساعد لإثارة الإلكترونات ويتميز هذا المصباح باحتوائه علي ألوان الأزرق والأخضر والأصفر وفوق البنفسجي (254 نانو متر) فيزيد من حرارة المكان فتظهر الأبخرة ويزيد الضغط وهو ما يؤدي إلي ضيق مسار التفريغ الإشعاعي فيزيد من الكثافة والضغط فيميل اللون إلي الأبيض حيث يمتص بخار الزئبق الأشعة فوق البنفسجية ليعيد بثها في النطاق المرئي. ولذلك يكون لضغط البخار تأثيرا واضحا خصوصا وأن الجهد في البداية يكون قليلا ثم يزيد بعد ذلك ويمكن تحسين هذه الخواص بإضافة اليود، ويمكن أيضا ملئ الأقطاب بمادة مشعة مثل الباريوم واسترونتيوم مخلوطا مع مادة thoria كما يتواجد الأرجون في الأنبوبة بضغط 39 – 50 مم زئبق.

ثالثا: أنواع مصابيح الزئبق

تتباين أنواع هذا المصباح علي نطاق كبير نتيجة التطورات المستمرة والتقدم التكنولوجي الهائل في الفترة القصيرة الأخيرة ونضع أهمها علي النحو التالي:

النوع الأول: مصباح ضغط عالي الضغط الأقل (2– 10 جوي)

يعطي هذا النوع اللون الأبيض المائل إلي الخضرة مع بعض من فوق البنفسجي حيث يحولها الفسفور إلي موجات الأحمر بطول 600 – 750 نانو متر وهي صالحة لإنارة الشوارع.

النوع الثاني: مصباح ضغط فائق الضغط من 30–100 جوي)

يصلح هذا النوع للمسارح والتصوير السينمائي والأعمال الصناعية ولقاعات الإجتماعات الكبري وهو صغير الحجم غامر الإضاءة كروي الشكل.

النوع الثالث: مصباح ضغط فائق الضغط من 50–200 جوي)

يتم فيه التبريد بالماء نتيجة الضغط الهائل

النوع الرابع: مصباح بعاكس

مثل السابق مع إضافة عاكس علي شكل قطع زائد والغلاف مطلي بطبقة من أكسيد التانتيوم التي لها انعكاسية 95 % في المجال المرئي وبها طبقة فسفورية عند قمة الأنبوبة فقط وتترك الجهة الأخرى بدون طبقة فسفورية وهنا تقوم الانعكاسية برفع الكفاءة الضوئية بشكل واضح فجعل هذا المصباح يحتل مكانة المصابيح الغامرة أحيانا.

النوع الخامس : مصباح فتيلة توالي

هذا النوع يماثل السابق ولكن توصل الفتيلة علي التوالي مع الأنبوبة ومصممة للتحكم في التيار من أجل إطالة عمرها ويتحسن تيار البدء وينخفض الفقد في الجهد عند البدء والتشغيل ويتميز بأنه لا يحتاج إلي أجهزة تحكم إضافية ويعيبه قلة كفاءة الضوء.

النوع السادس : مصباح منخفض الضغط نوع خاص

يستخدم مسحوق الفلورسنت لطلاء الأنبوبة الداخلية بينما تطلى الفتيلة بالأكسيد حيث تسخن في بدء الإشعال فقط وتستمر علي ذلك أثناء التشغيل حيث يشحن الأقطاب (موصلة علي التوالي مع ملف خانق عبر المصدر) وينتج جهد مرتفع عند فتح البادئ ومنه نوعان. قد تتواجد نوعيات خاصة جدا غير شائعة الاستخدام حيث يستعان في صنع المصباح بالزجاج الخشبي في التصنيع فيحجب بعضا من

الأشعة وهذه النوعية خاصة وتستخدم هذه النوعية في الأبحاث مثل البكتريا الحيوية والميكروبيولوجي وهي تحتاج إلي نظم تحكم وهي تعمل علي التيار المستمر بجهد 24 ف، كما أنه هناك الكثير من المصابيح الأخرى متطورة بالنسبة لتلك المذكورة هنا سواء من نوعية التفريغ الغازي أو التوهج ومنها أيضا ما تصنع خصيصا لأغراض محددة غير تلك المذكورة عالية مثل ما يحدث في مجال الأبحاث او المقاومة البكتيرية أو العناية الطبية وغيرها من الميادين العديدة.

3-3 : مصباح الهاليد
Halid Lamp

بعد المصباح المتوهج وما تلاه من أنواع أخرى مثل الفلورسنت ثم الصوديوم منخفض الضغط فالزئبق عالي الضغط وهذا التطور للمصابيح الكهربائية المتتالي لاح في الأفق المزيد من التحسين فظهر مصباح الصوديوم عالي الضغط ومن ثم الهاليد المعدني، وهذا الأخير يتكون من الزئبق واليود وهو مثيل مصباح الزئبق عالي الضغط (لهذا لن نعيد الوصف) مضافا إليه كمية قليلة من اليود (الهاليد المعدني) مما يرفع من صفات اللون الضوئي وزيادة الكفاءة الضوئية من خلال طريقة وضع المصباح أفقيا أو رأسيا كما يتم طلاء الجدار الداخلي للأنبوبة بمادة فسفورية من الفلورسنت مثل فاندات اليوتريوم Ytterium Vandate المشع باللون الأحمر وبكفاءة تقرب من 50 لومن / وات. إن هذا النوع تزيد فيه كفاءة الضوء كلما ارتفعت القدرة فالمصباح 2 ك. و. يعطي فيضا قدره 190000 لومن بكفاءة ما بين 75 – 100 لومن / وات، وهذا المصباح يلزمه أجهزة إشعال لبدء الإشعال منفصلة (حيث يصل جهد الاشتعال إلي 600 – 700 ف) بجانب ملف خانق لتوزيع الجهد وتقليل التيار المار به. لذلك فهو مرتفع الثمن ويصل عمر المصباح إلي 7500 ساعة وهو أقل بكثير عن عمر مصباح الزئبق، وهو أيضا ملائم للصناعة والأماكن العامة وفي الأبنية شاهقة الارتفاع وعالية الأسقف ويقدم الجدول رقم 3-9 البيانات الفنية لمصباح الهاليد المعدني.

الجدول رقم 3- 9 : البيانات الفنية لمصباح الهاليد المعدني

القدرة (وات)	فيض (لومن)	كفاءة (لومن/و)
288 / 250	17500	61
450 / 400	27600	61

الهاليد يعتبر مركب ثنائي العنصر لأحد الهالوجينات وعنصر معدني، أما الهالوجين الموجود في هذا المصباح هو اليود ولكن العنصر الآخر يأخذ أشكالا كثيرة مثل الصوديوم أو الثاليوم أو الأنديوم أو السكانديوم أو الديسبروسيوم بينما الهاليد المقابل لهم هو إما يويد الصوديوم أو يوديد الثاليوم أو يوديد الأنديوم وهما ما يتبعان الطيف الضوئي المحدد في الجدول رقم 3- 10.

الجدول رقم 3-10 : الطول الموجي لمخلوط مصباح الهاليد

المادة في المخلوط	الصوديوم	الثاليوم	الأنديوم
الطول الموجي المقابل (nm)	589	535	435

هناك المزيج من الصوديوم والسكانديوم وهو الأكثر كفاءة من بين كل الأنواع لأنه أعلى في أمانة نقل الألوان حيث أنه يحتوي علي ألوان عديدة داخل المجال المرئي، فكل هذه الأنواع نافعة كوسيلة لإدخال العنصر المعدني في القوس الكهربائي بالضغط العالي لإسراع عملية بخر هذه المعادن دون الحاجة إلي رفع درجة الحرارة وبذلك نستطيع رفع قيمة أمانة نقل اللون الضوئي والذي قد يصل إلي 90 % مع الحفاظ علي كفاءة الإضاءة عالية ولذلك فقد بدأت الصناعة مؤخرا في التعامل مع مخلوط متجانس من هذه اليودات لتحسين خواص المصباح وبالتالي الضوء، ودائرة تشغيل المصباح مبينة بالشكل 3- 3 لمصباح الصوديوم تماما.

مما سبق شرحه بصورة موجزة نستطيع التعرف علي عدد من الصفات المقارنة بين الأنواع المختلفة من المصابيح الكهربائية ويعطي الجدول رقم 3-11 توزيع الطاقة في مكونات المصباح مقارنة لمصباحي الصوديوم ضغط عالي ومنخفض، وقد جاءت الأرقام بالنسبة المئوية نتيجة اختلاف قدرات المصابيح الكهربائية للتعرف علي الخصائص الداخلية في كل منها. تشغيل المصباح يعتمد علي بدء التشغيل الذي يصدر ضوءا من بخار الصوديوم ويبقى الهاليد معدنا باردا أعلي الجدران وترتفع حرارة الجدران فيتحول الهاليد إلي بخار وينتقل إلي المناطق الساخنة ويتداخل مع ذرات الهالوجين والمعدن بأسلوب الحمل الحراري والانتشار داخل القوس الكهربائي فتتهيج الذرات بدرجات الحرارة العالية فيصدر الإشعاع الضوئي بينما تستمر ذرات المعدن في التغلغل داخل الأنبوبة فتصل المناطق الباردة (الجدران) حيث تعود وتتحول مرة إلي بخار فيتكرر ما سبق بصفة دورية. يحتاج هذا المصباح إلي 6 دقائق أو أقل لينتج 80 % من الضوء المقنن ويحتاج إلي 15 ق قبل إعادة إشعاله، ومصباح الهاليد

أطول من مثيله من الزئبق وقد يضاف ناشرا للضوء في المصباح عند الاستخدام في الملاعب الرياضية الكبيرة أو الصغيرة كما تستخدم في التصوير التلفزيوني والسينمائي حيث أن هذا الناشر الضوئي يساعد علي رفع أمانة نقل الألوان.

الجدول رقم 3-11 : التوزيع المئوي للطاقة داخل بعض أنواع المصابيح

نوع المصباح	الصوديوم ضغط منخفض	الصوديوم ضغط عالي	هاليد معدني
قدرة الدخل (و)	180	400	250
فقد حراري	62.22	50.5	64.8
فقد في أقطاب	12.22	6	6.8
قدرة تفريغ غازي	87.77	94	93.2
فقد حجم وجدران	50	44	47.6
فقد إشعاع	37.77	50	45.6
إشعاع دون الأحمر	2.77	20	15.6
إشعاع مرئي	35	29.5	28
إشعاع فوق بنفسجي	-	0.5	10.4

مصابيح الهاليد تقترب في الخواص من ناحية التطوير مثل ما حدث مع مصابيح الفلورسنت المدمجة ونجد أيضا مصابيح الصوديوم عالية الضغط المدمجة وأيضا مصابيح الهاليد المعدن المدمجة وهي التي تتميز بإمكانية التركيب في الأماكن المفتوحة، ومن الهام التنويه علي أنه في حالة تشغيل المصباح علي الجهد 12 ف يكون من الضروري استخدام محول إلكتروني مدمج.

أما بالنسبة للمصباح الفلورسنت المدمج والذي يعمل مع الكابح بالتيار المغناطيسي ويعطي زمن بدء 0.5 ثانية وبدون الرعشة الضوئية وتزيد هذه المدة إلي ثانيتين عند درجات الحرارة المنخفضة كما يصل الضوء إلي 40 % من المقنن بعد دقيقتين. ونضيف من خصائص الفلورسنت المدمج ما هو آت:

1- يعمل مصباح الفلورسنت المدمج بجهد 207 – 244 ف وفرق حراري –30 حتى50 ْ م .
2- لا يتأثر عمر المصباح بعملية البدء إلا إذا كان إعادة إشعال قبل مضي دقيقتين من الفصل.

لكن مصباح تنجستن هالوجين المدمج يطلي بطبقة عاكسة ضوئية لعكس الأشعة دون الحمراء علاوة علي توفيرها للطاقة المستهلكة وكفاءتها في تمييز الألوان، وتوجد مصابيح حلزونية مدمجة من نوع الفلورسنت Helix Compact بقدرة 32 وات تعطي 2400 لومن، وهي بذلك تنتج ضعف ضوء المصباح المتوهج وتوفر ثلثي الطاقة المطلوبة لأنها ضعف الضوء الصادر عن مصباح متوهج بقدرة 100 وات ومصابيح الحث الكهربائي Induction Lamps والتي تحتوي علي قطب أو فتيلة يصل عمر تشغيلها نحو 70 ك س. ولذلك يوصي بالاعتماد عليها في الأماكن صعبة الصيانة وتتنوع إلي نوعين:

النوع الأول: مصباح الحث الأول

يتكون من قلب معدني (حديدي) يتركز فيه المجال الكهرومغناطيسي من الملف الابتدائي والملفوف حوله حيث تنتقل الطاقة علي الترددات العالية فيتولد التيار الثانوي الذي يمر في الغاز تحت الضغط المنخفض داخل الغلاف الزجاجي فتتآين الذرات وتشع الموجات فوق البنفسجية فيتحول من خلال مادة فسفورية إلي النطاق المرئي ومن خلالها نستطيع التحكم في اللون الناتج عن الضوء.

النوع الثاني: مصباح الحث الثاني

هنا يستبدل القلب الحديدي في النوع السابق بنوع هوائي والذي يغذي من الترددات العالية ينتج المجال الكهرومغناطيسي في أنبوبة التفريغ فيتآين الغاز ويمر التيار بالمصباح منتجا الضوء وهذا النوع يعتمد علي تآكل الطبقة الفسفورية المستمر مع البدء والتشغيل. ويدخل أيضا مصباح الهاليد المعدني مع نفس خصائص الكشافات الهالوجينية Halogin Lamp لأنه يحتوي علي اليود، وحيث أن اليود والكلور والفلور والبروم كلهم من الهالوجينات فدخول أي منهم مع الغاز الخامل يعمل علي تواجد دورة الاسترجاع السابق الحديث عنها. يتم هذا لحماية الفتيلة من الاحتراق والتخلص من ظاهرة التسويد مما يقودنا إلي تصغير حجم المصباح وزيادة عمر المصباح أو الكشاف الهالوجيني (قدرة حتى 300 وات بجهد 110 أو 220 ف)، والذي يتكون من تنجستن هالوجين ويستخدم بكثرة في الإذاعة الخارجية والملاعب مثل مصباح الهاليد وبالرغم من المحاولات المستمرة لتحويل أي منهما إلي الاستخدامات المنزلية بغرض التوصل إلي الإنتاج المتعاظم.

يتواجد علي الساحة الفعلية المصباح الشمسي Sun Lamp الذي يتكون مثل الهاليد والزئبق بتواجد غاز الأرجون ولكن يضاف داخل المصباح قليل من الزئبق حيث يتم توصيل المصباح فتسخن الفتيلة (تنجستن) فتشع الإلكترونات ويتآين الأرجون ويبدأ التفريغ داخل المصباح مما يرفع من درجة الحرارة ويتبخر الزئبق فتضئ ، وهو متميز بالضوء المبهر ويستخدم هذا النوع في الإضاءة العامة في الشوارع والمراكز التجارية وبعض منها يستخدم في المستشفيات الكبرى ولها محول خاص لتوصيل الدائرة الكهربائية.

3 – 4: نظرة شاملة
General View

تتميز أغلب المصابيح بعدم اللمعان الفائق وعدم الإبهار وقلة الظلال ويعطي الجدول 3-12 بيانا لبعض المصابيح من جهة اللون ودرجة الحرارة ونتطرق إلي هذه النظرة الشاملة:

أولا: أنواع البادئ
Starter Type

نجد أيضا أن العملية المشتركة في مصباح التفريغ الكهربائي هي عملية البدء والتي يمكن تقسيمها إلي:

النوع الأول: النوع الحراري
Thermal Type

يوجد ملف تسخين مع البادئ فيسخن الشريط المعدني ويفتح الأطراف مسببا توليد جهد عالي فجأة يسبب التفريغ في الأنبوبة ويستمر فتح الأطراف بينما المصباح يعمل، الملامسات مزدوجة المعدن تكون مغلقة (غير مفتوحة كما الحال في مفتاح البريق) وتوضع مع ملف تسخين صغير. وعند توصيل المنبع يمر التيار بالكاثود والملف الخانق علي التوالي مسخنا البادئ وترتفع درجة الحرارة لملامسات البادئ فيفتح الملامسات ويقطع التيار في الدائرة الكهربائية. من ثم يظهر جهد عالي فجأة بين قطبي المصباح محدثا التفريغ الكهربائي بينهما، ويمر التيار بسخان البادئ لتظل الملامسات مفتوحة وهو

النوع الأكثر تعقيدا عن الآخرين ولكنه مفيد في قصر فترة التجهيز ويصلح لمصابيح الفلورسنت والصوديوم وعمرة يزيد عن عمر المصباح عادة.

الجدول رقم 3-12 : الألوان الخاصة بالمصابيح الغازية

نوع اللون	نوع الضوء	الكفاءة (%)	حرارة اللون (كلفن)
فلورسنت أبيض بارد	بارد	100	4100
فلورسنت أبيض بارد دي لوكس	بارد	70	4200
فلورسنت أبيض	طبيعي	102	3500
فلورسنت أبيض دافئ	دافئ	102	3000
فلورسنت أبيض دافئ دي لوكس	دافئ	68	3000
فلورسنت ضوء النهار	بارد	83	6500
فلورسنت ثلاثية الفسفور	بارد طبيعي دافئ بارد طبيعي دافئ	105 105 105 117 117 117	4100 3500 3000 4100 3500 3000
زئبق	بارد	32	4400
هاليد	دافئ طبيعي	70 65	3000 4000
صوديوم ضغط عالي	ذهبي	21	2100
صوديوم ضغط منخفض	أصفر	0	1700

النوع الثاني: النوع اللامع Glow Type

يتكون كمصباح صغير جدا من أنبوبة مملوءة بالهيليوم وأقطاب من شريط ثنائي المعدن عندما يقفل المفتاح يظهر فرق جهد بين هذين القطبين مسببا بريقا بسيطا بتيار ضئيل لا يسخن الفتيلة في الأنبوبة ولكنه قادرا علي شحن الشريط ثنائي المعدن فيتمدد ويقطع الاتصال فيظهر تلقائيا تيار عالي من الفتيلة فتسخن وتصدر موجات حمراء وعند تلامس الأطراف في البادئ يتوقف التفريغ ويبرد الشريط ويفتح الملامسات فيظهر الجهد البادئ.

النوع الثالث : بادئ التسخين المسبق
Preheat Quick Starting

يتم توصيل شريط معدني مؤرض بجانب المصباح خارجيا لزيادة الجهد من أجل رفع كفاءة التآين حيث بزيادة التيار يرتفع معدل التآين ويكون البدء أسرع ويوضع ملفا علي التوازي مع الأنبوبة وعليه الجهد الكامل، أما بعد البدء يستعيد المحول جهد الأنبوبة المعتاد ويقل تيار الفتيلة مما يطيل من عمر الفتيلة.

النوع الرابع: البدء البارد Cold Starting

يمكن الحصول علي الجهد العالي إما بفتح الدائرة فجأة او بتوصيل مصدر جهد خارجي يماثل 3 أضعاف الجهد المقنن من خلال محول رفع إلا أن الفتيلة في مثل هذه الحالات تصنع خصيصا لمواجهة هذه الظروف الكهربائية عالية الإجهاد.

النوع الخامس: مفتاح البريق Glow Starting Switch

يتكون من ملامسات مزدوجة المعدن داخل أنبوبة بها أرجون أو هيليوم وعند تسليط الجهد عليها يظهر جهد بين الملامسات الكهربائية المفتوحة وينتج تفريغ كهربائي يؤدي إلي حرارة فيقفل الملامسات مزدوجة المعدن، فيمرر تيار للتسخين المسبق بينما تبرد الملامسات فتفتح ثانية فيرتفع الجهد ويركب علي الملامسات مكثف من الخارج للتخلص من التداخلات مع إشارات الراديو. ونري بالجدول3-13

دليل أمانة الألوان الخاص ببعض المصابيح الواردة في هذا الباب وأماكن استغلالها المناسب مبينا الغامرة ضوئيا منها.

الجدول رقم 3-13 : دليل أمانة نقل الألوان لبعض المصابيح

نوع المصباح	أفضل استخدام	كفاءة (لومن/و)	دليل اللون
متوهج عادي	منزلية	13	100
متوهج عالي القدرة	داخلية بارتفاعات عالية	18	100
تنجستن – هالوجين	غامرة	21	100
زئبق بضوء محدد	بديل المتوهج	20	70
زئبق ضغط عالي	الشوارع	55	40
هاليد	للمصانع	100-75	90-70
فلوري	إضاءة عامة	90-80	85-55
الصوديوم ضغط عالي	مناطق تجارية	115	20
الصوديوم ضغط منخفض	شوارع	185	45

يمكننا تلخيص العيوب التي تواجه هذه المصابيح في المكونات التالية : (الأنبوبة – البادئ – التوصيلات – تربيط الماسك – الملف الخانق – ضوء المصباح: وهو عيب تشغيل وينتج عن عدة أسباب هي قلة مقنن الملف الخانق أو انخفاض درجة الحرارة أو الجهد)، كما يتأثر المصباح من هذا النوع بكثرة عمليات البدء بدون داعي وتغير جهد المنبع انخفاضا أو ارتفاعا وكذلك كثرة التداخل بين الموجات اللاسلكية والمصباح. لذلك هناك متطلبات محددة في التصميم الخاص بهذه النوعيات من المصابيح نحدد إطارها علي النحو الآتي: (إضاءة مريحة – كفاءة عالية – عدم الإبهار – ارتفاع مناسب للتعليق – تشغيل مستقر من جهة الجهد والتيار – تركيب عاكس لتوزيع الإضاءة).
أخيرا تتجه التصميمات الحديثة إلي مصابيح الحث الكهربائي وفيها تعتمد فكرة التفريغ الكهربائي علي تأثير المجال خارجيا علي أنبوبة المصباح ليحدث التفريغ الكهربائي بها بدون توصيل البادئ أو غيره من المساعدات.

ثانيا: نظم الإضاءة
Illumination Systems

تتنوع الإضاءة إلي عدد من الأنواع فهي إما أن تكون إضاءة داخلية in door أ وخارجية outdoor ولذلك يجب تحديد نوعية الإضاءة عند التعامل مع تصميم دوائر الإضاءة للحصول علي أفضل كفاءة وأحسن توزيع لها ويجب أن تتوافر فيها الشروط الأساسية التالية:

1- في الإضاءة الداخلية يلزم إضاءة طبيعية تقترب من ضوء النهار وفي الورش والأماكن مزدوجة الغرض يظهر نوعان من الإضاءة (عامة للمكان عامة وخاصة للمكاتب والمشرفين أو للعاملين علي أعمال خاصة).

2- في حالة الإضاءة الخارجية تظهر منها أنواعا مثل الإعلانات أو المطارات والمواني والسكك الحديدية والملاعب الرياضية أو تجميل الأبنية والآثار والجبال والمناطق السياحية وكلها يعتمد علي الإسقاط الضوئي بالكشافات Flood حيث تكون الإضاءة غير مباشرة وتكون قوية جدا ومركزة مع المباني المنخفضة وضعيفة المستوى بقدر الإمكان مع المباني الشاهقة واسعة الانتشار. كما يلزم أن يكون المصباح مقاوم للظروف المناخية من الزجاجي الفضي وله عاكس من صلب لا يصدأ أو الكروم أو حديثا من الإناميل لتوزيع الضوء علي المكان ويعتمد نوع المصباح علي لون المبني تبعا للقواعد المعروفة مثل ما هو وارد في الجدول رقم 3-14.

الجدول رقم 3-14 : المصابيح المناسبة لبعض ألوان المباني

لون المبني	أحمر	أصفر	أخضر	أزرق
نوع المصباح المناسب	متوهج	متوهج أو صوديوم	زئبق	زئبق

3- في الطرق العامة والشوارع الرئيسية وهي هامة لحركة المرور ويتبع فيها أسلوبان:

(أ) طريقة التجميع الضوئي Diffusion Base وتكفي لوحدها عند تصميم الإضاءة في المناطق التجارية والشوارع الداخلية وفي المناطق الداخلية بين الأحياء والمجمعات السكنية ويضاف هنا معاملا هاما عند تداخل الأبنية العالية مع توزيع الإضاءة المطلوبة علي الشوارع ويمكن التغلب عليها من خلال الاعتماد علي الضوء الأفقي وتقليل الضوء والابتعاد عن الإبهار.

(ب) طريقة انعكاسية الضوء Reflection Base وهي هامة بجانب السابقة لتصميم الإضاءة علي الطرق السريعة والشوارع الكبيرة حتى لا تؤثر سلبيا علي قيادة السيارات ليلا عند التعامل مع المرايا بالسيارة.

كما يلزم وضع إضاءة مناسبة عند مفارق الطرق والمنحنيات والمرتفعات والمنخفضات والمطبات الصناعية وغيرها، وتتأثر جميع هذه المصابيح بالجهد المسلط عليها ويظهر تأثر الجهد علي المصابيح المختلفة علي النحو المبين في الجدول رقم 3-15.

الجدول رقم 3-15 : مقارنة لتأثير الجهد علي خصائص بعض المصابيح الكهربائية

مسلسل	مصباح	هبوط الجهد	زيادة الجهد
1	متوهج	يقلل من ناتج الضوء	يزيد الإضاءة ويقلل من عمر المصباح
2	فلورسنت	ينقص ناتج الضوء ويمكن منع بدء الاشتعال	تقليل عمر المصباح بشدة
3	زئبق	قد يطفئ المصباح كما يقلل ناتج الضوء	يسخن المصباح فتتلف مكوناته ويقصر عمره

نعطي بيانا ملخصا لأهم خصائص الإضاءة للمصابيح الكهربائية المختلفة تبعا للقياسات الدولية كما جاءت في الجدول رقم 3-16 حيث يتبين الآن أن التدرج في شدة الإضاءة كما جاء الترتيب في الجدول، كما أن عمر المصباح يتباين من قدرة إلي أخرى لذات النوع ومن مصنع إلي آخر لنفس القدرة الواحدة والنوع الواحد. كما نجد أن أقصى إضاءة تواكب أسوأ تمييز الألوان وهذا الجدول خير معين لتحديد

المصباح المناسب للغرض المحدد له، وهو من أهم معايير التصميم الخاصة بهذا العمل سواء كانت الإضاءة داخلية أو خارجية وهو مكملا لباقي الجداول السابق ذكرها في هذا الباب وما سبقه.

الجدول رقم 3- 16 : مقننات المصابيح القياسية

مصباح	متوهج	فلورسنت	زئبق	هاليد	صوديوم عالي	صوديوم منخفض
قدرة (و)	1500-6	215-4	-40 1000	-175 1500	-70 1000	180-35
كفاءة (لومن/و)	23-6	84-25	63-30	-68 125	140-77	183-137
إضاءة (ك. لومن)	-0.044 33.6	15-0.096	63-1.2	-1.2 155	140-5.4	33-4.8
حرارة (ك. ك.)	3.1-2.4	6.5-2.7	-3.3 5.9	-3.2 4.7	2.1	1.75
عمر (ك.س)	8-0.75	20-9	24-16	15-6	24-20	1.8
تمييز لوني	جيدة	جيدة	قليلة	جيدة	قليلة	قليلة جدا
تكلفة أولية	منخفضة	متوسطة	متوسطة	عالية	عالية	متوسطة
تكلفة تشغيل	مرتفعة	متوسطة	متوسطة	قليلة	قليلة	قليلة

3-5: التحليل الرياضي

Mathematical Analysis

نتعامل مع المعادلات الرياضية الخاصة بكيفية حساب قوة الإضاءة أو الكفاءة وما هي العلاقة بين تلك الأشعة في الاتجاهات المختلفة في الفراغ ونبدأ بالعلاقة بين الزاوية الفراغية solid angle والزاوية

السطحية surface angle. ومن ثم نجد من الشكل رقم 3-6 نستطيع التعرف علي الزوايا ونحصل علي المساحة التي تخص السطح المضاء بين حدود البعدين الممثلين لنصف القطر الدائري r والنقطة الأبعد علي هذا السطح H عن نقطة الحافة عند نصف القطر الدائري. وتأخذ الصيغة:

$$A = 2\Pi \int_{r-H}^{r} y\, ds \qquad (3\text{-}6)$$

علما بأن المساحة الصغيرة ds تتعرف من القيمة الصغيرة dx علي النحو

$$ds = [1 + (dy/dx)^2]^{1/2}\, dx \qquad (3\text{-}7)$$

وباعتبار أن السطح كروي وبالتالي نحصل من معادلة الدائرة علي الصيغة التفاضلية لها في الشكل

$$2y\,(dy/dx) = -2x$$

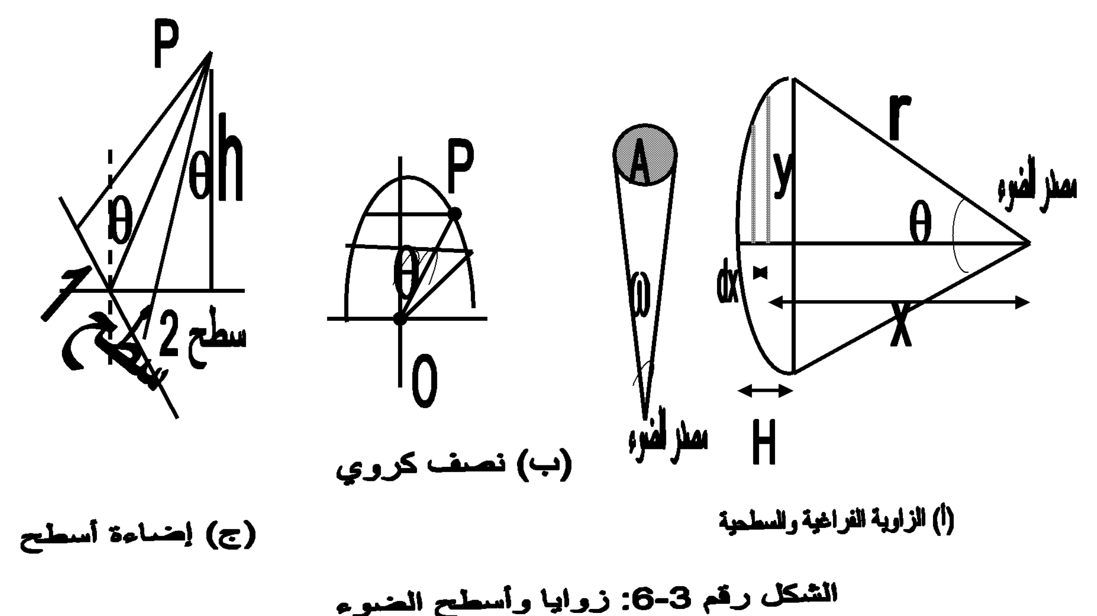
$$dy/dx = -x/y$$

ومن ثم نحصل علي المساحة السطحية في الصورة

$$A = 2\Pi \int_{r-H}^{r} y[1+(y/x)^2]^{1/2}\, dx = 2\Pi \int_{r-H}^{r} r\, dx = 2\Pi r h \qquad (3\text{-}8)$$

بينما الزاوية الفراغية ω تتحدد من المعادلة

$$\omega = A / r^2 = 2\Pi\, r\, H / r^2 = 2\Pi\, H / r \qquad (3\text{-}9)$$



الشكل رقم 3-6: زوايا وأسطح الضوء

كما تأخذ القيمة الخاصة بالبعد الأقصى H بدلالة الزاوية θ الشكل

$$H = r - r \cos(\theta / 2) \quad (3\text{-}10)$$

فنحصل علي الزاوية الفراغية في الشكل البسيط

$$\omega = 2\,\Pi\,[r - r\cos(\theta / 2)] / r = 2\,\Pi\,[1 - \cos(\theta / 2)] \quad (3\text{-}11)$$

كما تكون الإضاءة علي أي سطح محددة بدلالة قوة الشمعة cp وهذه الزاوية الفراغية والمسافة بين السطح المضاء ومصدر الضوء d من خلال

$$E = \phi / A = cp \times \omega / A = (cp / A)(A / d^2) = cp / d^2 \quad (3\text{-}12)$$

أولا: قانون الإضاءة
Illumination Law

عند إضاءة سطح ما فأنه يقع علي نصف الكرة في الفراغ كما في الشكل رقم 3-6 (ب) وكي تكون شدة الإضاءة متجانسة علي هذه المساحة نفرض النقطة P علي الزاوية θ من مصدر الضوء في مركز الكرة O وبالتحرك علي المساحة المضاءة مسافة قصيرة جدا تقابل تغيير في الزاوية قيمته dθ وهو ما يعني أننا تحركنا علي المساحة بمقدار العرض r dθ بينما الطول هو 2 π r sin θ وبذلك تصبح المساحة A هي

$$A = 2 \pi r \sin \theta \, r \, d\theta = 2 \pi r^2 \sin \theta \, d\theta \qquad (3\text{-}13)$$

ولها إسقاط مساحي بمقدار A cos θ حيث تقابل هذه المساحة الزاوية الفراغية ω والتي بالقيمة

$$\omega = A / d^2 = [2 \pi r^2 \sin \theta \, d\theta] / r^2 = 2 \pi \sin \theta \, d\theta \qquad (3\text{-}14)$$

نحصل علي الفيض في الصورة

$$\Phi = L x = B \; A \cos \theta \, (2\pi \; \sin \theta \; d\theta)$$
$$\Phi = 2 \pi B A \sin \theta \cos \theta \, d\theta \qquad (3\text{-}15)$$
$$\Phi = \pi B \; A \; \sin \; 2\theta \, d\theta$$

يكون الفيض الضوئي المؤثر نتيجة الاستضاءة Brightness عند النقطة المعنية P الواقعة علي المساحة A في نصف الكرة المبين علي الشكل هو

$$\Phi = \int_{0}^{\pi/2} \pi\, B\, A \sin 2\theta \, d\theta = \pi\, B\, A \left[-(\cos 2\theta) / 2 \right] \Big|_{0}^{\pi/2} \qquad (3\text{-}16)$$

وبالتالي تصبح القيمة

$$\Phi = \pi\, B\, A$$

أما الاستضاءة فهي الممثلة للمساحة في الشكل

$$B = \Phi / (\pi A) = (cp) / (\pi A) = 1 / \pi \qquad (3\text{-}17)$$

حيث أن وحدة الاستضاءة هي $(candles/ft^2)$ $Lambert = 1/n$

أن وحدات الضوء المختلفة قد ذكرت في بداية الباب الأول ونوضح منها ما هو هام مثل:

الفيض الضوئي بالمخروط = قدرة الشمعة (cp) × الزاوية الفراغية (لومن) (3- 18)

يصبح بذلك الإضاءة عند نقطة علي مساحة هي:

الإضاءة E = الفيض × المساحة (3- 19)

كذلك من المعروف أن الزاوية الفراغية تتحدد من العلاقة

$$\text{الزاوية الفراغية } \omega = \frac{\text{المساحة } A}{\text{مربع المسافة } r^2 \text{ (لومن / سم2)}} \qquad (3\text{-}20)$$

وتصبح شدة الضوء في اتجاه محدد في الصورة:

$$\text{شدة الضوء } I = \frac{\text{الاستضاءة في هذا الاتجاه}}{\text{الزاوية الفراغية}} \qquad (3\text{-}21)$$

تكون في هذه الحالة هي ω / ω أي لومن/ ستيرديان (Lumen / Steradian) أي لكل وحدة من الزاوية الدائرية مما يفيد أن شدة الضوء ثابتة في ذات الاتجاه الواحد ويلاحظ أن السطح المواجه تماما لمصدر الضوء يستقبل أكثر شدة عن غيرة من الأسطح التي قد تميل علي اتجاه الضوء. فإذا كانت زاوية ميل الضوء هي المحددة بالقيمة فنحصل علي شدة الضوء بقيمة الكانديلا مقسومة علي مربع المسافة، فيكون بذلك مساويا (الفيض / مساحة السطح الساقط عليه الأشعة). فإذا تباينت الزوايا كما في الشكل تصبح القيمة كما يلي :

$$E\ (\text{surface } 1) = \phi / A\ (1)$$
$$E\ (\text{surface } 2) = \phi / A\ (2) \qquad (3\text{-}22)$$

إذا كانت الزاوية بين المساحتين هي θ فتصبح الإضاءة علي السطح 2 هي

$$E\ (\text{surface } 2) = [\phi / A\ (1)] \cos\theta = \frac{cp}{r^2} \qquad (3\text{-}23)$$

ولما كانت الزاوية هنا تعرف بجيب تمامها المساوي للنسبة (h/r) حيث h يمثل الارتفاع العمودي علي السطح 2 بينما r تمثل البعد العمودي عن السطح 1، فنجد الإضاءة علي السطح رقم 2 سوف تأخذ الصيغة

$$E\ (\text{surface } 2) = (cp / r^2) \cos^3\theta \qquad (3\text{-}24)$$

وهو ما يعرف بقانون لامبرت Lambert للإضاءة، كما أنه توجد بعض المسميات الهامة والتي لم تذكر ومنها ثلاث مسميات بخصوص متوسط القدرة الضوئية وهم:

الأول: متوسط القدرة الأفقية
Mean Horizontal Candle Power

تعني متوسط القدرة بوحدات الكانديلا في جميع الاتجاهات علي المستوي الأفقي ويرمز لها بالرمز MHCP.

الثاني: متوسط القدرة الكروية
Mean Spherical Candle Power

تعني القدرة المتوسطة في كل الاتجاهات في جميع الأسطح الداخلة في الفراغ حيث يرمز لها بالرمز MSCP وهي

$$MSCP = \frac{total\ \phi}{4\ \pi} \quad candela \qquad (3\text{-}25)$$

وهذا يعني التغير علي خط مستقيم بين كلا من متوسط القدرة الكروية والفيض الضوئي الكلي بزاوية ميلها يساوي (π 4 / 1).

الثالث: متوسط القدرة نصف الكروية
Mean Hemispherical Candle Power

تعني متوسط القدرة الضوئية في كل المسطحات تحت المستوى الأفقي ويرمز لها بالرمز MHSCP وتعطي

$$MSCP = \frac{total\ \phi}{2\ \pi} \quad candela \qquad (3\text{-}26)$$

كما توجد العلاقة الرياضية بين الثلاث كميات هذه في الصيغة

$$\text{متوسط قدرة نصف كروية} = \frac{\text{متوسط قدرة كروية}}{\text{متوسط القدرة الأفقية}} \qquad (27-3)$$

والجدول رقم 3- 17 يعطي هذه القيمة محسوبة لبعض مقننات شدة الضوء باللومن كما يبين أيضا تأثير المسافة والبعد عن مصدر الضوء إضافة إلي قيمة الضوء الساقط علي المسطحات العمودية مع المصدر أو تلك المائلة في الفراغ بزوايا مختلفة مبينا أن الأسطح المتوازية مع الضوء لا تستقبل أي ضوء مواز لها.

من هذا يبين لنا أن الإضاءة تتناقص بشدة مع المسافة الزائدة، ولذلك يجب أن تكون المصادر الضوئية ضعيفة وعديدة في المسافات البعيدة. وعلي العكس للمسافات القريبة فتكون شديدة القوة وغامرة للقدر المطلوب مثل أباجورة المكتب علي سبيل المثال، كما نستطيع الحصول علي بعد السطح عن المصدر الضوئي لتكون الإضاءة الأفقية أقصي ما يمكن. فنجد السطح علي ارتفاع h وتكون أبعد نقطة علي بعد d من إسقاط المصدر الضوئي لها شدة إضاءة هي

الجدول رقم 3- 17 : بعض المقننات لعدد من المصادر بشدة مختلفة بوحدة (لوكس)

شدة الضوء (لومن)	2000	1500	1000	800	500	200	100	50
MSCP (cp)	159.23	119.42	79.62	63.7	39.81	15.92	7.96	3.98
MHSCP (cp)	318.47	238.84	159.24	127.4	79.62	31.84	15.92	7.96
سطح مواجه 2 م	500	375	250	200	125	50	25	12.5
سطح مواجه 4 م	125	93.75	62.5	50	31.25	12.5	6.25	3.12
سطح مواجه 6 م	55.55	41.66	27.77	22.22	13.89	5.55	2.77	1.39
سطح مائل 60 ° علي بعد 2 م	250	187.5	125	100	62.5	25	12.5	6.25
سطح مائل 60 ° علي بعد 4 م	62.5	46.88	31.25	25	15.62	6.25	3.12	1.56
سطح مائل 60 ° علي بعد 6 م	27.77	20.83	13.88	11.11	6945	2.77	1.38	0.695

شدة الإستضاءة هامة في جميع الأماكن كما نجد أن

$$I = \frac{cp}{[(d^2 + h^2)]^{1/2}\}} \cos\theta = \frac{cp \cos^3\theta}{h^2} = \frac{cp\, h}{(d^2 + h^2)^{3/2}} \quad (3\text{-}28)$$

بينما يلزم الحصول علي تفاضل هذه الشدة بالنسبة للمتغير وهو الارتفاع (البعد) عن مصدر الضوء وبالتالي نحصل علي المعادلة

$$dI/dh = cp\ [(d^2 + h^2)^{-3/2} + h\ (-3 / 2)\ 2h\ (d^2 + h^2)^{-5/2}] \quad (3\text{-}29)$$

وبعد هذه المعادلة نصل إلي قيمة الضوء في الصورة

$$cp = [(d^2 + h^2)^{-3/2} - 3\ h^2\ (d^2 + h^2)^{-5/2}] \quad (3\text{-}30)$$

للحصول علي القيمة القصوى نساوي التفاضل بالصفر فنتوصل إلي الشرط التالي والذي يحدد القيمة المثلي للحل

$$1 - \frac{3\ h^2}{(d^2 + h^2)} = 0 \quad (3\text{-}31)$$

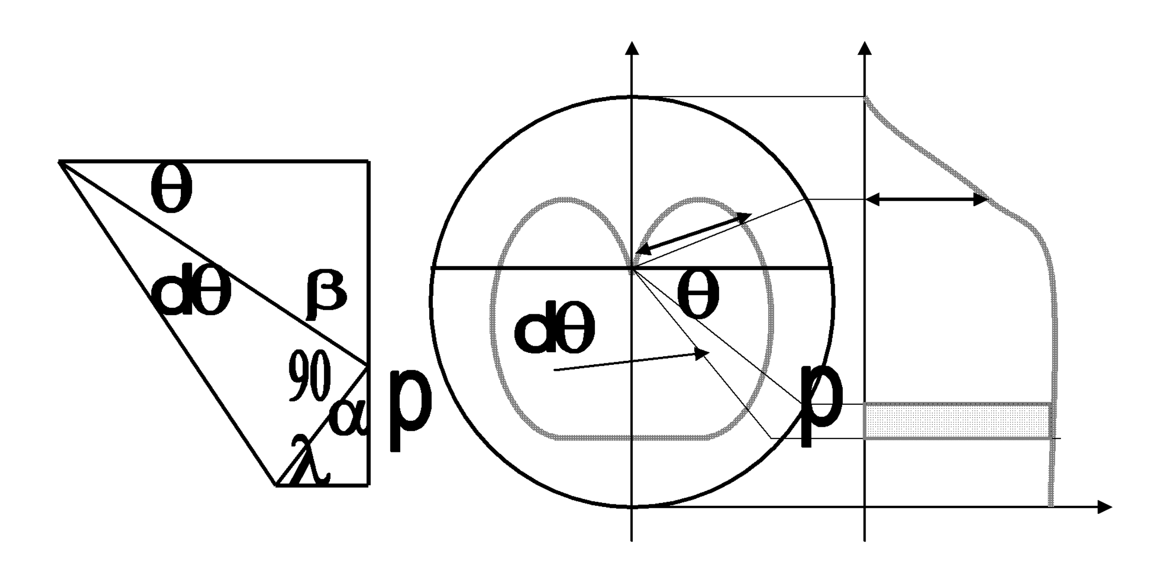
من هذه المعادلة البسيطة تتحدد قيمة الزاوية أو بعد النقطة نسبة إلي ارتفاع السطح حيث نجد الأبعاد الهندسية الأساسية في الصورة

$$h = 0.707\ d \qquad \theta = 45^o \quad (3\text{-}32)$$

ثانيا: المنحني القطبي Polar Curve

ظهر في الشرح السابق أن قوة الإضاءة غير متساوية ليس فقط في الفراغ بل أيضا في المسطح الواحد وهذه الشدة تأخذ شكلا غير منتظما وهذه العلاقة ترسم للمسطح الواحد وهو أما أن يكون أفقيا ويسمي في ذلك الوقت المنحني الأفقي القطبي أو رأسيا.

ويكون المنحني القطبي الرأسي ويكون حول المسطح الرأسي من الزاوية 0 – 180 درجة بعكس الأفقي (محورين أفقي وعمودي x. y).



الشكل رقم 3-7: منحني روثيو من القطبي

نجد في الشكل رقم 3- 7 كيفية استنتاج منحني روثيو Rousseau من المنحني القطبي الرأسي حيث ترسم دائرة حول المنحني القطبي بمركزها عند مركز المنحني وخارجه عنه، وترسم بعد ذلك أنصاف الأقطار للزوايا المختلفة θ وطول الخط علي كل نصف قطر يمثل قيمة شدة الضوء I بوحدات cp عند هذه الزاوية كما هي المنحني القطبي. هكذا يعطي الرسم الجديد العلاقة بين الكانديلا والزاوية في المسطح الرأسي. وللحصول علي القيمة الرياضية نأخذ الزحزحة بالزاوية dθ فنحصل علي المساحة

داخل المستطيل المظلل بنصف قطر استدارة $r \cos \theta$ في المستوي الأفقي كإسقاط بعرض $r\, d\theta$ بالقيمة

$$A = 2\pi\ (r \cos \theta)\ (r\, d\theta) = 2\pi r^2 \cos \theta\ d\theta \qquad (3\text{-}33)$$

وتقابلها الزاوية الفراغية

$$\omega = 2\pi r^2\ \frac{d\theta\ \ \cos \theta}{r^2} = 2\pi\ \cos \theta\ d\theta \qquad (3\text{-}34)$$

أما الفيض فهو دالة في شدة الإضاءة ويعطي بالقيمة

$$\Phi = I\ \omega = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} 2\pi I \sin \theta\ d\theta \qquad (3\text{-}35)$$

إلا أن شدة الضوء هنا عبارة عن دالة الزاوية θ في نفس الوقت مما يجعل الحل الرياضي صعبا وبهذا نحتاج إلي أسلوب لتبسيط المعادلة وتخطي درجة الصعوبة فتأتي من خلال المنحني المستنتج كما أن العلاقة بين الزوايا المختلفة في الفراغ لهذا المستوي نضعها من الشكل الرياضي:

$$\begin{gathered} pq = sq \\ \alpha + \beta = 90 = \lambda + \beta = \alpha + \theta \end{gathered} \qquad (3\text{-}36)$$

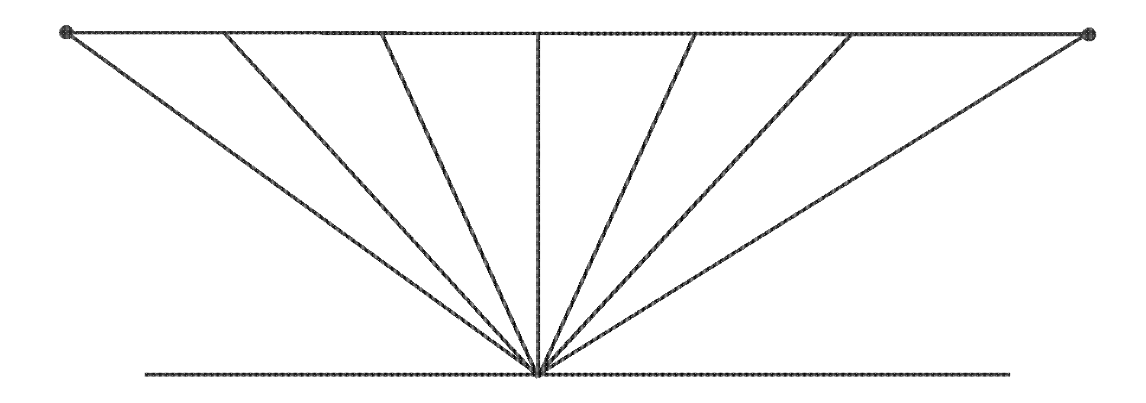
حيث هذه الزوايا موضحة علي الشكل رقم 3-8 وهي للمسطح عند النقطة P وهو ذو شكل كروي وتكون العلاقات بين هذه الزوايا علي الأبعاد الثلاثية ونتعامل مع الإسقاط في اتجاه الضوء، وعند تساوي الزاويتين $\theta = \beta$ نحصل علي قيمة الخط st. ويكون هذا في الصورة

$$st = pq \cos \beta = py \cos \theta = r\, d\theta \cos \theta \qquad (3\text{-}37)$$

أما المساحة المقابلة للتغير الصغير في الزاوية فنحصل عليه بسهولة بالمعادلة

$$dA = st\ I = (r \cos d\theta)\ I \qquad (3\text{-}38)$$

الشكل رقم 3-8 :
إنارة الطرق



من ثم نحصل علي المساحة تحت المنحني في الشكل

$$\Phi = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} Ir \sin \theta\, d\theta \qquad (3\text{-}39)$$

ونحصل علي القيمة المتوسطة لها بالقسمة علي القاعدة 2r وتأخذ الشكل

$$\Phi = (1 / 2 r) \int_{-\pi/2}^{\pi/2} Ir \sin\theta \, d\theta \qquad (3\text{- }40)$$

كما يتبين هنا أن متوسط الضوء الكروي يعادل الارتفاع المتوسط للمنحني أما متوسط الضوء في نصف الكرة يكون من بناء المنحني له من المنحني القطبي الرأسي وهذا الرسم نستطيع التعامل معه سواء بالرسم أو بالطرق الرياضية.

نري في الشكل رقم 3 - 8 أيضا طريقة حساب الضوء وشدته في نقطة ما علي السطح الأفقي لطريق مثلا أو في ورشة أو في حجرة بأسلوب التجميع الضوئي وهو ما يساعد علي توفير الطاقة ويحسن من توزيع الضوء علي المسطح كله ،وقد سبق التعرض لنوعية تصميم الضوء علي الطرق وهذه الطريقة واحدة منهما، فمثلا إذا كانت هذه المصابيح الكهربائية قد وضعت علي ارتفاع 4.575 متر فوق سطح الأرضية في طريق داخلي بتباعد 9.15 متر بين كل مصباحين بقدرة 100 لومن في كل الاتجاهات تحت مستوي الأفقي فأن الإضاءة تتأرجح نسبة إلي بعدها عن مجموع المصابيح الكهربائية. وبالتالي يظهر حدين أقصى وأدنى لها وتكون الإضاءة في نقطة ما نتيجة المصباح الواحد هي

$$(100 / 4.575^2) \cos^3\theta \;=\; (100 / 20.93) \cos^3\theta \qquad (3\text{- }41)$$

هذه الزاوية تؤخذ مع الاتجاه الرأسي وتكون العلاقة تبعا المعطاة عالية علي النحو

$$\tan\theta_1 = \frac{(18.3 + x)}{4.575} \qquad (3\text{- }42)$$

ثم نجد أن

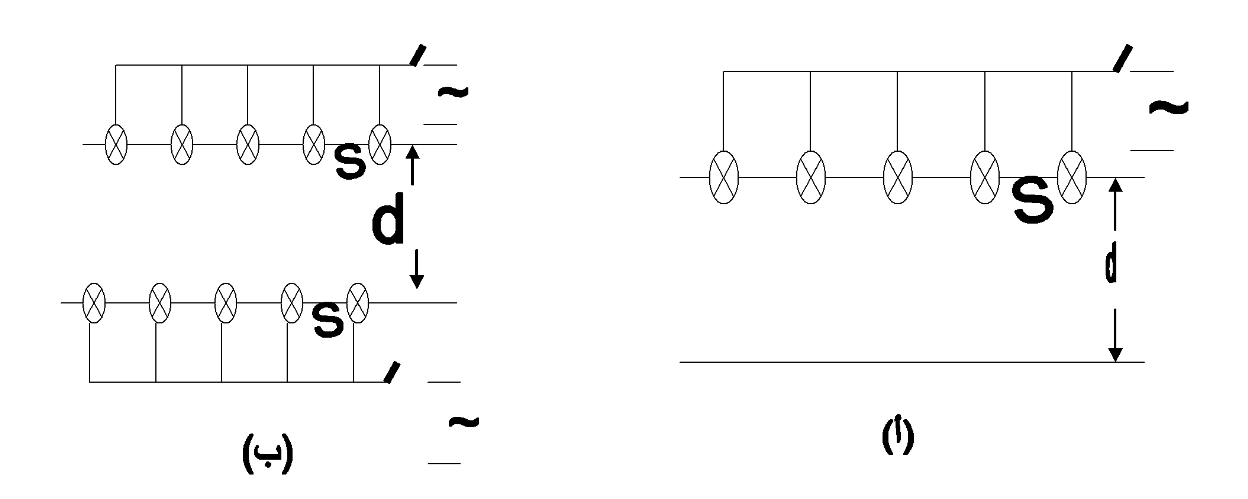
$$d(\tan\theta_1)/dx = \sec^2\theta_1 \, d\theta_1/dx = 1 / 4.575 \qquad (3\text{- }43)$$

أو تكون في الصورة

$$d\theta_1 /dx = \frac{\cos^2 \theta_1}{4.575} \qquad (3\text{-}44)$$

ويتكرر نفس المبدأ مع كل الزوايا ونحصل علي إجمالي الإضاءة من كل المصابيح في نقطة ما p في الشكل

$$d\theta_p /dx = (100 / 20.93) [\cos^3 \theta_1 + \cos^3 \theta_2 + \cos^3 \theta_3 + \cos^3 \theta_4 + ...] \qquad (3\text{-}45)$$



الشكل رقم 3-9

أجل الوصول إلي القيمة القصوى والدنيا يجب تفاضل هذه الإضاءة ككل فنحصل علي

$$d\{(100 / 20.93) [\cos^3 \theta_1 + \cos^3 \theta_2 + \cos^3 \theta_3 + \cos^3 \theta_4 + ...]\}/dx = 0 \qquad (3\text{-}46)$$

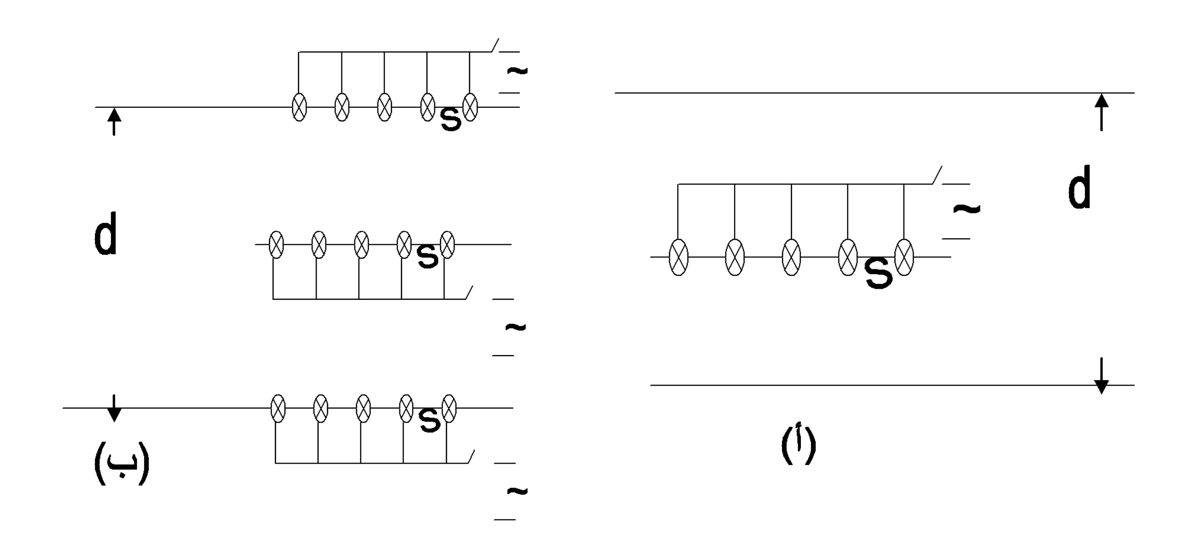
حيث x تعبر عن بعد النقطة عن أقرب مصباح في اتجاه الأفقي (محور الحركة) ونصل إلي

$$- (100 / 20.93) \times 3 [\cos^2 \theta_1 \sin \theta_1 \, d\theta_1/dx + ...] = 0 \qquad (3\text{-}47)$$

وبعد ذلك نصل إلي إجمالي الضوء لنقطة ما عن كل مصادر الضوء في الصورة

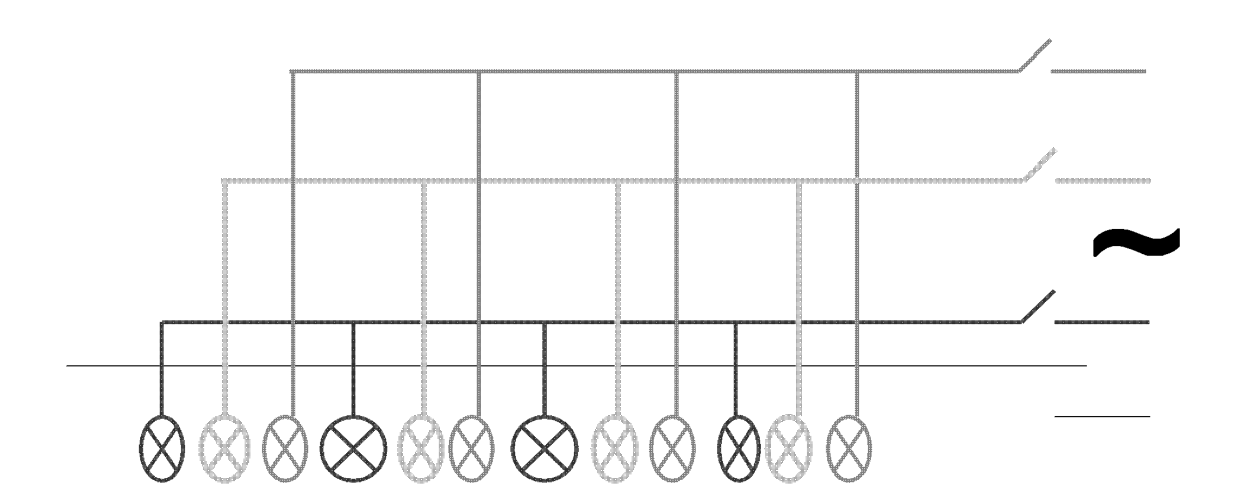
$$- (100 / 20.93) \times ¾.575 [\cos^4 \theta_1 \sin \theta_1 + \cos^4 \theta_2 \sin \theta_2 + \cos^4 \theta_3 \sin \theta_3 - \cos^4 \theta_4 \sin \theta_4 - \cos^4 \theta_5 \sin \theta_5 ...] = 0 \quad (3\text{- }48)$$

في الحالة هذه نجد أن أقصى إضاءة سوف تأتي في النقطة المتوسطة الداخلية بين المصابيح جميعا بينما يمكن حساب كل نقطة تحت المصباح منهم وكذلك بين كل أثنين متتاليين لأنها النقاط الحدودية في هذا النطاق.



الشكل رقم 3-10

كما أن إضاءة الطرق تتبع المناهج المختلفة فمنها ما يعتمد علي أسلوب توزيع الإضاءة علي سطح الطريق كما نري في الشكل رقم 3-9 حيث نجد الطريق الضيق أو الشارع الصغير بعرض d ويكون له توزيعا للمصابيح الكهربائية كما هو مبين في الشكل أ علي جانب واحد أو في الشكل ب علي جانبي الشارع وكلاهما له من الخصائص الذاتية فمثلا في النوع الأول نجد أن التغذية الكهربائية تتم بكابل واحد ومفتاح كهربائي C B واحد بينما في الثاني تحتاج إلي أثنين ولكن بمقطع أقل من الأول. وبالرغم من التوفير في النوع الأول إلا أن التوزيع الثاني يكون له من البساطة والاعتمادية reliability الأفضل. ففيه يمكن أن تتم نصف الإنارة كما يجوز تشغيل نصف الإضاءة إذا انهار أحد الكابلين أو أي من أجزاء دوائره بينما في الحالة الأولي لن نتمكن من ذلك، ونجد أن المصابيح الكهربائية توضع في صف مستقيم بمسافة بينية span هي S ويكون ارتفاع height لكل مصباح هو h.



الشكل رقم 3-11

إضافة إلي ما سبق فهناك أسلوب مختلف لتناول موضوع الإضاءة من علي الجانبين فهو إما أن يضع المصابيح علي نفس الخط من كل جانب أي أن المصباح العلوي والسفلي بالرسم يكون علي خط متعامد مع الخط الجانبي لرص المصابيح الكهربائية علي الجانب أو يكون هناك تبادلا بين وضع المصابيح كما هو مبين في الشكل 3-9 (ب) حيث تكون الإضاءة أكثر توزيعا ويقل الفارق بين الإضاءة الأقصى والأقل علي سطح الشارع ككل.

هناك أيضا أسلوبا أفضل مما سبق عندما يتسع عرض الطريق ويكون هناك مسارين (اتجاهين) متعاكسين فيكون أسلوب الإضاءة من منتصف الطريق كما في الشكل رقم 3-10 حيث يعطي الرسم عددا من المناهج المتبعة في هذا الشأن ففي (أ) نجد الإنارة بالكامل من المنتصف أو تتحول الإضاءة إلي الجانبين فقط ويتبع معها ذات الأسلوب السابق في الشارع الضيق ولكن قدرة المصابيح الكهربائية ترتفع بينما في (ب) تصبح من المنتصف والجانبين في وقت واحد ولذلك يكون توزيع المغذيات بين المنتصف والجانبين أكثر تكلفة في مقابل البساطة والتمكن من التعامل مع أجزاء من الدائرة وإتاحة الفرصة للصيانة مع عدم إظلام الطريق تماما بل من الممكن التعامل معه جزئيا في بعض الأحوال خصوصا إذا ما كانت الكابلات أحادية الطور هي المستخدمة تبعا لتعليمات الأمن الصناعي الخاصة بهذا الموضوع .

بالنسبة للتغذية فهي عادة تعتمد علي توزيع الأحمال علي الكابلات الثلاثية كي يكون التحميل متماثل ومتزن بين الأوجه المختلفة كما نراه في الشكل رقم 3-11 وهو ما يجب مراعاته في مثل هذه التطبيقات

ثالثا: مسائل
Problems

1- **A lamp having a uniform 200 cp in all directions is provided with a reflector, which directs 60 % of total light uniformly on a circular area of 10 m diameter. It is installed at 6 m height. Find the illumination at center & edges in both cases if the reflector is used or not. Deduce the average value without the reflector only.**

طريقة الحل:

نتعامل مع المسألة من خلال الخطوات التالية:

$$\text{Flux} = \text{mscp} \times 4\pi = 200 \times 4\pi$$

في حالة عدم وجود عاكس تكون الأضاءة في المنتصف هي

Illumination at center = $200 / (6^2) = 5.55$ *lux*

وبالتالي عند الحافة تصبح الإضاءة بالقيمة

Illumination at edge = $5.55 \cos\theta = 5.55 \times (6 / 7.41) = 4.26$ *lux*

عن الزاوية الفراغية فتكون

Solid angle = $2\pi [1 - \cos(\theta/2)] = 2\pi (1 - 0.9405) = 0.372$ steradian
$= 200 \times 0.372 = 74$ *lumens*

ومن ثم تكون شدة الإستضاءة هي

$I = 74.4 / 25 = 0.944$ *lux*

من الجهة الأخري في حالة وجود عاكس reflector فتصبح الإضاءة في المنتصف بالقيمة

Illumination at center or edge = $200 \times 4\pi \times 0.6 / 25\pi = 19.2$ *lux*

2- **A lamp takes 1.2 A at a voltage of 230 V and it emits 4200 lm. Find its efficiency in MSCP/W & lm/W where this lamp type can be changed. If this lamp has been replaced by another one to take only 1 A and emits 4400 lm, find the same above with a variation in the voltage supply between 190 and 230 V.**

طريقة الحل:

إذا تغير نوع المصباح فيصبح معامل القدرة $\cos \Psi$ متغير فهو للمصباح المتوهج الوحدة وللمصباح فلورسنت يساوي 0.4 تقريبا بينما للصوديوم والزئبق قد يزيد عن ذلك. ونجد الحسابات التي تخص هذا التغير قد ظهرت في الجدول رقم 3 - 18، بعد الاعتماد علي المعادلات الأساسية في الحساب وهي

$$\text{MSCP / W} = \frac{(\text{Total Flux } \Phi / 4\pi)}{(\text{VI} \cos \Psi)} \qquad (3\text{-}49)$$

ثم يكون لدينا

$$lm / \text{W} = \frac{\text{Total Flux } \Phi}{(\text{VI} \cos \Psi)} \qquad (3\text{-}50)$$

الجدول رقم 3- 18 : حسابات كفاءة الإضاءة عند الجهد 230 ف

معامل القدرة	1	0.4	0.5	0.6
نوع المصباح	متوهج	فلورسنت	صوديوم	زئبق
MSCP/W	1.21	3.025	2.42	2.016
lm / W	15.2	38	30.4	25.33

في حالة تغير الجهد تتكرر هذه الحسابات ونحصل علي النتائج الموضحة في الجدول 3-19.

الجدول رقم 3-19 : حسابات كفاءة الإضاءة عند تغير الجهد

جهد	190 ف			200 ف			230 ف		
معامل القدرة	1	0.4	0.6	1	0.4	0.6	1	0.4	0.6
MSCP/W	1.84	4.605	3.07	1.75	4.375	2.916	1.522	3.804	2.536
lm / W	23.17	57.92	38.61	22.01	55.03	36.68	19.13	47.85	31.9

3- If the 900 lumens lamp has been placed inside a 30.5 cm spherical globe of frosted glass, calculate the cp of the globe and estimate that the percentage of light emitted by the lamp as the same absorbed by the globe. Consider that the brightness is uniform of 250 milli Lambert in all directions.

طريقة الحل:

يمكننا حساب الإضاءة كما سبق الشرح كما يلي

$$\text{Candles} = A \cos\theta \times \text{candles / cm}^2$$

$$\text{Candles} = (\pi / 4)(30.5)^2 \times (250 \times 10^{-3} / \pi)$$

$$\text{Candles} = 58 \text{ cp}$$

وبالتالي يكون الفيض الكلي

$$\text{Globe flux} = 58 \times 4\pi = 728 \; lm$$

ثم نحسب الفيض الممتص

$$\text{Absorbed flux by globe} = 900 - 728 = 172 \; lm$$

وتكون بذلك النسبة المئوية للفيض الممتص

Percentage absorbed = 172 / 900 = 19.1 %

4- A white screen receives a parallel beam of light from a projector placed a 20 m from it. The illumination on the screen will be 60 000 lx and a 60 % of the total light emitted from the arc passes into the beam. The absorbed light by the intervening air will be assumed as 5 % of the beam light. Calculate the MSCP of the arc if the screen diameter is varied between 1 & 1.5 m.

طريقة الحل:

نتيجة التغير في القطر الخاص بالشاشة تتغير المساحة ومن ثم توزيع الفيض وكفاءة الإضاءة وهذه النتائج قد جاءت في الجدول رقم 3 - 20.

الجدول رقم 3 - 20: نتائج الحسابات نتيجة تغير قطر الشاشة

قطر (م)	1	!.1	1.2	1.3	1.4	1.5
مربع القطر	1	1.21	1.44	1.69	1.96	2.25
مساحة ($م^2$)	0.785	0.95	1.13	1.327	1.539	1.766
فيض ساقط (لومن)	4710	5700	6780	7962	9234	10596
فيض الشعاع (لومن)	4958	6000	7137	8381	9720	11184
فيض متاح (لومن)	8263	10000	11896	13968	16200	18590
MHSCP	1315.8	1592	1894	2224	2580	2960

5- Given the polar curve about the vertical axis of the lamp (6 m height) at different angles as shown in Table 3-21. Find the intensity distribution and draw the illumination curve.

Table 3- 21: Polar Curve

Cp	500	360	600	520	400	300	150	50
θ^o	0	10	20	30	40	50	60	70

طريقة الحل:

نتائج الحساب تعتمد علي الزاوية والارتفاع العامودي علي السطح حيث تتغير شدة الإضاءة مع تغير الزاوية المقابلة للمنحنى القطبي، وقد جدولت في الجدول رقم 3- 22.

الجدول رقم 3 – 22: حسابات التوزيع الإضائي تبعا للمنحنى القطبي

cp	500	360	600	520	400	300	150	50
θ	0	10	20	30	40	50	60	70
$Cos^2\ \theta$	1	0.985	0.94	0.866	0.765	0.643	0.5	0.342
$Cos^3\ \theta$	1	0.955	0.83	0.65	0.448	0.265	0.125	0.04
Cp/h^2	13.9	15.55	16.68	14.45	11.12	8.34	4.16	1.39
I	13.9	14.8	13.8	9.33	5	2.22	0.55	0.055
$Tan\ \theta$	0	0.1763	0.364	0.5774	0.839	1.192	1.732	2.748
$d=h\ tan\ \theta$	0	1.0578	2.184	3.464	5.034	7.152	10.39	16.488

6- A 60 cd 250 V metal filament lamp has tested at voltages (V) as 240 & 260 V and gives light intensity (I) of 50 & 70 cd, respectively. Deduce the constants of this lamp if it yields one of the following expressions:

$$I = A\ V^{\gamma}\ ,\ I = (A + 10^{-9})\ V^{\gamma}\ \text{or}\ I = (A + 10^{-4})^{2}\ V^{\gamma}$$

If the voltage is varied within a different range as 5 , 7 or 10 % higher or lower, find the corresponding change in luminous intensity.

طريقة الحل:

نظرا للتغير في المعاملات المختلفة نضع الحل في الصورة العامة ثم نحصل علي النتائج كما في الجدول رقم 3- 23.

الجدول رقم 3- 23 : حسابات ثوابت الإضاءة ونسبة تغيرها لمختلف الحالات

$I = A\ V^{\gamma}$	$I = (A+10^{-9})\ V^{\gamma}$	$I = (A+10^{-4})^{2}\ V^{\gamma}$	المعادلة
1.4	1.4	1.4	نسبة جهدي الاختبار
4.21	4.21	5.21	قيمة الأس γ
(10)4.77 $^{9-}$	$^{9-}$ (10)3.77	$^{4-}$(10) 1.69	قيمة الثابت A
5	7	10	نسبة تغير الجهد (%)
$^{4.21}$(95)	$^{4.21}$(93)	$^{5.21}$(0.9)	نسبة شدة الإضاءة
0.806-1	0.737 -1	0.5775 -1	تغير شدة الإضاءة
19.4	26.3	42.25	نسبة الفقد (%)

7- An open space is lighted in all directions under the horizontal surface by three 1000 cd lamps which are placed 15 m apart at the corners of an equilateral triangle, the lamps being hung 6 m above the working surface. Deduce the illumination at :

(a) A point vertically below the midway between two lamps

(b) A point at the center of the space

(c) The total flux

طريقة الحل:

بالنظر إلي الشكل رقم 3- 12 نجد أن الإضاءة عند النقطة N تعطى بالصيغة

$$aN = ac \cos 30$$

ثم نحصل علي

$$AN - d_1 = [y^2 + aN^2]^{1/2} = [y^2 + 3 x^2 / 4]^{1/2}$$

بتكرار ذلك للنقطة b فنصل إلي

$$bN = x / 2 \qquad \& \qquad d_2 = [y^2 + x^2 / 4]^{1/2}$$

باعتبار أن الإضاءة تتبع البعد فنصل إلي

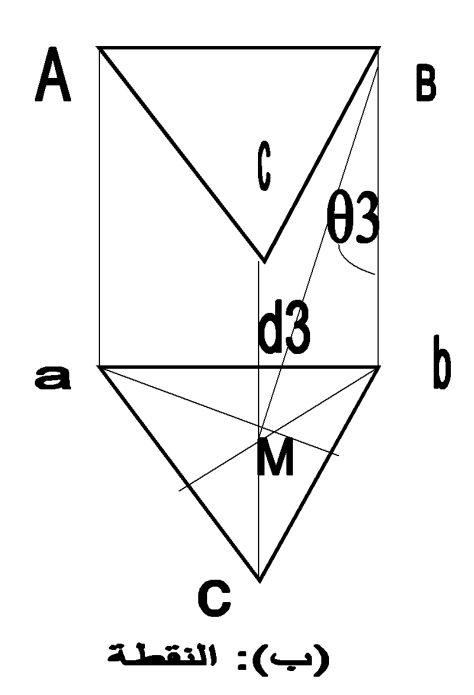
$$E_B = E_C = I \cos \theta_2 / d_2^2 = (I / d_2^2)(y / d_2) = Iy / d_2^3 = Iy /[y^2 + x^2 / 4]^{3/2}$$

وتكون للنقطة الأولي هي

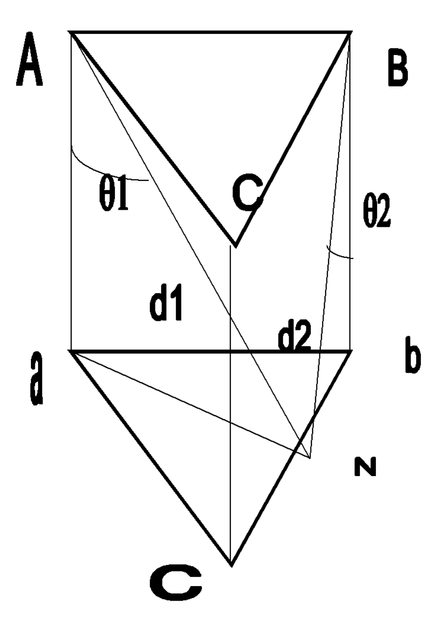
$$E_A = I \cos \theta_1 / d_1^2 = (I / d_1^2) (y / d_1) = Iy / d_1^3 = Iy / [y^2 + 3 x^2 / 4]^{3/2}$$

نصل إلي المجموع الإضائي بالقيمة

$$\text{Total Illumination at N} = E_A + E_B + E_C =$$
$$= Iy / [y^2 + x^2 / 4]^{3/2} + 2 \{Iy / [y^2 + 3 x^2 / 4]^{3/2}\} =$$
$$= 1000 \times 6 \{1 / [6^2 + 169]^{3/2} + 2 / [36 + 56.25]^{3/2}\} = 15.6 \; lx$$



(ب): النقطة



(أ) : النقطة N

الشكل رقم 3- 12 : توزيع أبعاد الإضاءة

عند النقطة M يكون لدينا

$$Gb = Mb \cos 30 \qquad \& \qquad Mb = 2\, Gb / (3)^{1/2} = x / (3)^{1/2}$$

بالنسبة للمسافة الثالثة نحصل علي

$$d_3 = BM = [y^2 + x^2 / 3]^{1/2}$$

هكذا تكون قيمة اللوكس

$$E_M = 3\, I \cos\ \theta_3 / d_3^2 = 3\, I\, y / d_3^2 = 3\, I\, y / [y^2 + x^2 / 3]^{3/2}$$

$$E_M = 3 \times 1000 \times 6 / (36 + 75)^{3/2} = 15.38\ lx$$

وحيث أن

$$MHSCP = total\ flux / 2\pi$$

فنجد أن الفيض الكلي هو

$$Total\ flux = 2\pi \times 3\ lamps \times 1000\ cd = 18850\ lm$$

8- A street is illuminated by 70.5 m above surface lamps 15 m apart where the polar curve is given by Table 3-24. Find an illumination curve for the middle of the road, from a point vertically below one lamp to a point on the road midway between two lamps. Light after 15 m length may be neglected.

Table 3-24

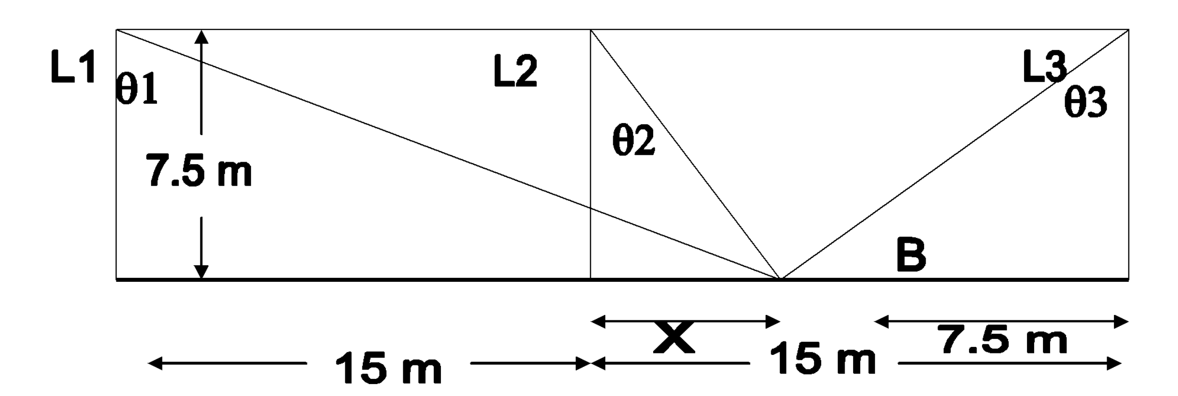
Angle to vertical	0	10	20	30	40	50	60	70
Luminous Intensity (cd)	160	180	190	170	140	100	75	50

طريقة الحل:

من الجدول السابق ومن الرسم المبين لتوزيع مصابيح الإضاءة الكهربائية والزوايا المقابلة لكل وضع منها عند النقطة الواقعة علي المسافة x من مسقط المصباح رقم 2 نستطيع حساب هذه الزوايا رياضيا كما ورد في الجدول رقم 3- 25 بينما الإضاءة عند النقطة هذه تعتمد علي قانون الضوء لمربع جيب تمام الزاوية في الصورة

$$E = I \cos^2\theta / h^2$$

بهذه المعادلة نصل إلي كافة الحسابات للإضاءة الكلية كما نراها في الجدول رقم 3 - 25.



الشكل رقم 3-13 : توزيع مصابيح الإضاءة بالموقع

الجدول رقم 3 - 25: نتائج الحساب لإيجاد الإضاءة الكلية علي طول المسار

X (m)	0	1.5	3	4.5	6	7.5
θ_1	63 26	65 33	67 23	68 58	70 21	71 34
θ_2	0	11 18	21 48	30 48	38 39	45
θ_3	63 26	60 57	58	54 28	50 12	45
I from above Table	64	60	54	51	49	46
I from above Table	160	182	189	166	146	120
I from above Table	64	70	80	90	100	120
$\cos\theta_1$	0.4473	0.414	0.38	0.36	0.33	0.31
$\cos\theta_2$	1	0.9806	0.93	0.86	0.78	0.72
$\cos\theta_3$	0.447	0.486	0.53	0.58	0.64	0.72
$\cos^2\theta_1$	0.0895	0.071	0.06	0.05	0.04	0.03
$\cos^2\theta_2$	1	0.943	0.8	0.63	0.48	0.37
$\cos^2\theta_3$	0.0895	0.114	0.15	0.16	0.26	0.37
E_1 (*lx*)	0.1018	0.076	0.054	0.04	0.03	0.03
E_2 (*lx*)	2.844	3.051	2.66	1.87	1.24	0.79
E_3 (*lx*)	0.1018	0.14	0.21	0.25	0.46	0.79
$E = E_1 + E_2 + E_3$ (*lx*)	3.048	3.27	2.93	2.16	1.74	1.61

الباب الرابع

الإضاءة المسرحية

Theatre Illumination

تلعب الإضاءة في الحياة العصرية دورا هاما علي كافه المستويات ولم يتوقف الاستخدام واسع النطاق لها علي الأعمال اليومية بل امتد ليشمل ما هو أبعد من ذلك في بعض الحالات الحديثة سواء كانت في العمارة أو في الصناعة أو غيرهما، كما يلزم التنويه علي أن المسارح من وجهة النظر الكهربائية تتشابه مع القاعات الكبرى ومع المكتبات الضخمة ذات الأغراض الخاصة ومع قاعات المؤتمرات الدولية وغيرهم في مجال الشبكات الكهربائية ومدها أو أوضاع الإضاءة العامة وأدواتها ومشغلاتها.

1-4: نظرة شاملة

General View

تعتمد جميع الأعمال الفنية والعادية علي الإضاءة كوسيلة أساسية للرؤية المجردة ولكنه مع التطور الهائل في الأعمال المدنية والحضارة البشرية علي البسيطة دخلت الإضاءة مجالات عدة لتعلب دورا أهم بجانب الرؤية، ومن ثم توجهت أغلب أعمال الديكور والتزيين إلي نوعيات الإضاءة واستعانت بها لتصبح الأداة الرئيسية في بعض الأحيان ومن هذه التطبيقات نرى الأنواع المختلفة من مصابيح المطاعم الفاخرة والمنازل الراقية وغيرهما كما دخلت هذه الإضاءة في مجال التجميل وإظهار مفاتن الفنون والأعمال القديمة مثل إضاءة الآثار والمناطق الأثرية كما أنها تداخلت مع الفن المعماري لإضفاء اللمسة الجمالية فظهرت في العديد من الأبنية الحديثة بل وأصبحت من القواعد الأساسية.

أولا : أنواع المسارح Types

تتنوع المسارح من أثرية إلي حديثة أو ضخمة إلي صغيرة أو متعددة الطبقات أو وحيدة الدور إلي غير ذلك تبعا لما ينظمه المتخصصون المعماريون وما يضعوه من أسس لهذه التقسيمات ولكننا هنا سوف نتناول المسارح من الناحية الهندسية كهربائيا فقط. ولذلك سنتعامل مع النوع منها في الإطار التالي:

1- المسارح المكشوفة (الصيفية)
Outdoor Theatre

المناخ الصيفي الجميل الذي تتمتع به بلادنا يجعلنا نتميز عن تلك البلاد الباردة ويظهر عندنا مثل هذا النوع المكشوف من الأبنية حيث لا تمطر السماء ومن أهم هذه الأبنية تلك التي تخص الأحوال الترفيهية والثقافية مثل دور السينما والمسارح والملاهي المكشوفة وغيرها ونحن هنا نتعامل مع الأعمال الضوئية سواء كانت تلك الإنارة العادية أو الأعمال المسرحية ولكن لا يمكن أن تدخل أعمال الأوبرا داخل هذا النطاق لما تحتاجه من صمت وهدوء قد لا تتوفر في مثل هذه الدور. ومن ثم كان التعامل مع الإضاءة المسرحية بشكلها المسرحي دون الموسيقى رفيعة المستوى وهذا كله يدخل في نطاق الأعمال المسرحية المعتادة من الناحية الكهربائية.

تتميز هذه النوعية من المسارح باتساع المساحة الأرضية إضافة إلي تركيز الأعمال الكهربائية وشبكاتها علي الجوانب والأرضية فتزيد بذلك الكثافة الكهربائية في وحدة المساحة الجانبية كما تحتاج هذه النوعية من المسارح إلي إضاءة أقل من تلك لغيرها من الأنواع.

2- المسارح المغطاة (الشتوية)
Indoor Theatre

تظهر الأبنية المغلقة كواحدة من الأساسيات المطلوبة عند التعامل مع الأحداث الهامة وهي لذلك تدخل في نطاق دور الأوبرا والموسيقى الكلاسيك والمعاهد الموسيقية والأكاديميات العلمية المتعاملة مع هذا الفن الراقي، ويضاف إلي ذلك قاعات الاجتماعات الكبرى والسياسية وقاعات الاحتفالات القومية مثل مبنى المؤتمرات الدولية بمدينة نصر بالقاهرة وقاعة الاحتفالات الكبرى بجامعة القاهرة ودار الأوبرا المصرية بالجزيرة وغيرهم. مهما كانت النوعية فالتعامل مع الدوائر الكهربائية والأجهزة الكهربائية التي تخص هذه المناطق المغلقة من حيث الإضاءة المسرحية والموسيقى الراقية وكذلك التركيبات الكهربائية لمد هذه الشبكات الداخلية بجانب الإنارة المطلوبة لهذه النوعية من القاعات، فهي من حيث المبدأ تلك المسارح المعتادة والتي قد تشمل أكثر من طابق وقد تصل بها الأناقة كما في دور الأوبرا أو كما في دور السينما حيث يلعب السقف دورا هاما في الشبكات الكهربائية سواء من جهة التغذية الكهربائية أو من ناحية استخدامات الإضاءة وأنواعها المختلفة داخل القاعة المسرحية. وتزيد هنا

مساحات مسطحة في السقف لتعطي مسارات أخرى للشبكات الكهربائية وهذه الأسقف تخضع لنوعين هامان من وجهة النظر الكهربائية هما:

(أ) سقف عادي Normal Ceiling

يظهر هذا النوع من الأسقف في العديد من المسارح العادية أو دور السينما الصغيرة وفي قاعات المحاضرات العادية وتتم فيه أعمال الشبكات الكهربائية كالمعتاد في كل الأسقف في الأبنية المعتادة في العمارات أو الملاعب الشاسعة. وليس هناك ما يمكن أن يزيد أكثر من أنه من الضروري تركيب شبكة البحث عن منشأ الحرائق وذلك من أجل حماية المشاهدين قبل حدوث الكارثة حال تواجدها وهي لا تختلف كثيرا عن ذلك النوع التالي من الأسقف، ومن هذه الناحية نجد أن التوصيلات الكهربائية من الأنواع التقليدية Traditional Type والمستخدم فيه الخراطيم Hoses والمواسير Pipes وأدواتهم والملحقات المعروفة وذلك تبعا للمواصفات الفنية Technical Specification والقياسية والكود المصري Egyptian Code.

(ب) سقف معلق Suspension Ceiling

يعطى هذا النوع مساحة فنية أوسع للعمل مع الشبكات الكهربائية والتعامل مع أجزائها المتباينة من تغذية أو إضاءة أو تشغيل أو تحكم بل ويسهل أمور الإمدادات الكهربائية لكل الأجهزة العاملة علي السطح أو تحت السقف بما في ذلك أجهزة التكييف Air Conditioning Device سواء كان مركزيا أم لا، ويمثل بذلك الفراغ ما بين السقف المسلح والآخر المعلق قناة صالحة لمسار الكابلات والأسلاك Wiring تختفي عن العين المبصرة وتسهل أعمال الصيانة والمراجعة.

ثانيا: مستوى الاستخدام المسرحي Operation Level

كما ذكر من قبل أن المسرح الصيفي يقرب من العمل العادي بينما المسرح الراقي مثل الأوبرا يعني مستويات أفضل ومن ثم لزم التنويه عن هذه النوعيات بإيجاز شديد لتبسيط الوضع أمام القارئ وتمهد للدخول في جوهر الموضوع ولذلك توضع الاستخدامات المسرحية في درجات متتالية كما هو آت:

(ا) مستوي عادي
Normal Level

يأتي المستوى العادي للاستخدام المسرحي علي بداية الطريق في هذا المجال فنجد منه المسارح المتنقلة والمسارح المدرسية والمسارح الطلابية أو تلك في مراكز الشباب وهي لا تحتاج إلي التقنيات العالية ولا تعمل بصفة الاحتراف بل تدخل في دائرة الترفيه وفي بعض الأحيان في مجال الثقافة وقد تظهر في قصور الثقافة المنتشرة في كل أنحاء الجمهورية، ويكفي في هذه النوعية البسيطة وجود الكشافات المعتادة وقد تكون السيكلوراما وهي أعلي درجات التقنية المستخدمة لإعتمادها علي المشغلات الدقيقة وكذلك إمكانية التعامل معها بشكل يدوي بالرغم من أنه قد تهتم الدولة بأي من هذه المسارح وتضع لها كل المساعدات لترقي وتصبح مجهزة علي أعلى المستويات.

(ب) قاعة مؤتمرات Conference Level

تظهر هنا النوعيات المتقدمة من الأعمال الفنية فتظهر الأعمال الصوتية بجانب الضوئية بل وقد تأخذ المركز الأول في الأهمية حيث تكون القاعات مجهزة للعمل الصوتي نظرا لطبيعة العمل في المؤتمرات. فنرى ضرورة تركيب الدوائر الصوتية الخاصة بالترجمة الفورية بجانب توصيلات شبكة كهربائية لتغذية الحاسبات بالقاعات أو في الملحقات الداخلية وبالتالي تظهر أهمية تواجد قاعة للتعامل مع الصحافة وأخرى للعمل في شبكة الإنترنت، إضافة إلي ضرورة تواجد مستلزمات المحاضرات من عارض الحاسب بالفيديو وغيرها من الأدوات الأخرى ومكونات المنصة والقاعة المضافة للمؤتمرات الصحفية وإلقاء البيانات والتصريحات خصوصا إذا كانت القاعة تخضع للمستوى القومي، ويجب التركيز علي مركز لخطوط الحاسب الآلي لتغطية كافة المناسبات.

لا يتوقف الوضع عند هذا الحد بل يمتد إلي ضرورة إضافة الأعمال الضوئية التي تخص الأعمال المسرحية حتى يكون المقر ملائما لعرض العروض المسرحية والتي عادة نحتاجها في حفلات الافتتاح والختام عند إقامة أي مؤتمر، وهذا يعطي هذه القاعات درجة عالية من الأهمية كما يزيد من حجم الأعمال فيها والتي قد تتفوق عن الأعمال المسرحية في مسرح شيد لهذا الغرض فقط وهي الوحدات المتكاملة الخاصة بالتحكم في الكشافات المركبة علي القنوات التابعة لها والتي تصلح لمثل هذه الأعمال.

(ج) قاعة اجتماعات Official Meeting

ينعكس الحديث الوارد في البند (ب) علي هذا المجال حيث تأخذ الاجتماعات نفس الطراز الخاص بالمؤتمرات في الكثير من الصفات، مع الفارق بينهما من حيث حجم القاعة أو طبيعة ترتيبها مسرحيا أو فنيا وإداريا.

(د) مستوي رفيع High Level

يتبع هذا المستوى كل الأعمال الراقية والتي تتعامل مع الموسيقى الراقية مثل الكلاسيك أو الأوبرا أو المسارح الغنائية (الأوبريت) وتحتاج إلي كل ما هو قد سبق الحديث عنه في كل المستويات السابقة إضافة إلي النوعيات الخاصة من الكشافات والأجهزة الآلية والتي تعمل مع الحاسب الإلكتروني بجانب أعمال الموسيقى المضافة علي أجهزة العمل مع المنظمات الضوئية.

ثالثا: أنواع الإضاءة Classification

تعتبر الإضاءة بصورة عامة واحدة من أهم الخدمات الهندسية الضرورية والتي يتحدد عليها الشكل العام والذوق الفني أمام المشاهدين ولها محورين هما:

المحور الأول: الإضاءة العامة General Lighting

قد وصل الاهتمام بالإضاءة وتكنولوجيا الانتفاع بها إلي مستويات رفيعة خصوصا في تلك المسارح التي تعتمد علي الشكل المعماري وهذه تشمل نوعان من حيث المبدأ هما:

أولا: الإضاءة اليدوية Manual Lighting

تعتبر هذه النوعية من العمل قديمة ويجب تغييرها لأنها هي المتبعة منذ الظهور الأول للإضاءة بشكل عام كما أنها قد تستهلك كثيرا من الطاقة الكهربائية في المجمعات الضخمة والكبيرة ولكنها منتشرة لبساطة التعامل معها. وهنا نفرد لها:

1- إنارة الشوارع Street Lighting

يتم إنارتها بشكل عام وعادة من داخل محطات الكهرباء مباشرة وتعمل بالأسلوب اليدوي ويقوم بذلك مهندسو المحطات حيث يتم تشغيلها مع بداية الليل وقت الغروب ويتم رفعها من الخدمة مع أول ضوء الشروق، غير أنه تتواجد بعض الدوائر الآلية لإنارة هذه الشوارع من خلال الخلايا الكهروضوئية Photo Cell العاملة بالطاقة الشمسية Solar Energy بحيث مع انتهاء ضوء النهار تعطي الأمر الكهربائي بقفل الدائرة الخاصة بالإنارة وعندما يظهر الضوء مع الشروق ويزيد إلي الحد المطلوب تقوم بفتح الدائرة الخاصة بهذه الإنارة.

2- إنارة المنازل Home Lighting

تعمل هذه النوعية بالأسلوب اليدوي خصوصا وأن المسافات بين المصابيح الكهربائية قليلة (قد تتلاشى عمليا أحيانا). كما أن أسلوب التحميل مختلف وغير ثابت ولا تعتمد علي أي أساس مقنن يجوز معه التعامل رياضيا أو غير ذلك من الصفات المنتظمة، ومهما كانت النوعية المنزلية فهي عشوائية الأداء ومتباينة الاستخدام، إلا أن السلالم تحتاج إلي النظام الآلي Automatic System. حيث يستخدم هذا النمط علي نطاق واسع نظام الدفياتير لإنارة السلالم ترشيدا لاستهلاك الطاقة الكهربائية وتلبية الإنارة فور الحاجة إليها، أما بالنسبة للقصور الضخمة وهي ذات المسافات البينية الطويلة والأدوار المتعددة. كما نجد أن التعامل مع الدوائر الكهربائية الخاصة بالإنارة العامة بها قد تحتاج إلي هذه النظم الآلية ويدخل فيها اليوم المشغلات الدقيقة، والحاسبات الإلكترونية Computers دخلت الميدان وانتشرت وأصبحت من الدوائر الرئيسية ترشيدا للاستهلاك ومنعا للحوادث التي قد تنجم عن أية أخطاء من تشغيلها أو تركها تعمل دون مراقب وهي من الخطوات الهامة التي ساهمت في تطور المسرح علي وجه العموم من الناحية الهندسية.

تدخل أيضا المجمعات الضخمة علي الطريق بجانب القصور وهي مثل المجمعات التعليمية والجامعات والمدارس عالية الكثافة واسعة المساحات والمستعمرات السكنية جماعية الطابع مثل المدن الجامعية وبيوت الشباب الكبيرة والمدارس الداخلية وأيضا الأسواق التجارية والمناطق الحرة التي تقع علي مساحات شاسعة من الأرض.

3- إنارة المقار الحكومية Lighting of Governmental Sites

تحتاج هذه المواقع إلي النظام الآلي بصفة جوهرية لأنها تتعامل مع العشوائيات Random المتباينة وقد يكون الاهتمام أقل عن القطاعات الخاصة الأخرى وهي في أغلب الأحيان يدوية إلا أن الحاجة ماسة للاعتماد علي الحاسب الإلكتروني والمشغلات الدقيقة، ومن هذا المنطلق نحتاج إلي تطوير جميع أنواع دوائر الإنارة من الوضع اليدوي في التشغيل إلي النظام الآلي من أجل الترشيد من ناحية والحفاظ علي درجة عالية من الأمن الصناعي من الجهة الأخرى وتظهر أهمية هذه النظم في التعامل مع المخازن وخصوصا تلك المنتشرة علي أراضي واسعة أو تلك التي تحتوي المواد القابلة للاشتعال أو القابلة للانفجار.

مهما كانت الحاجة ماسة للتعامل اليدوي تكون الحاجة أشد إلي الاعتماد علي النظام الآلي في الفصل والتوصيل ويكون بتوقيت زمني في الأماكن التي تناسب هذا وبغير توقيت في المناطق الأخرى والتي لا تحتاج إلي الوقت لطبيعة العمل فيها أو في أسلوب التعامل معها، كما تنتهج ذات الطابع القرى السياحية والفنادق الصيفية والمصيف الجماعي من حيث النظم المتبعة بعدم التدقيق في أعمال الكهرباء عموما.

(ا) إضاءة القاعة Hall Lights

تعتبر القاعة من المواقع الخاصة في التعامل مع الإضاءة فمنها أنواع مثل القاعات الرياضية أو القاعات الدراسية أو الورش المعملية أو القاعات الخاصة بالقصور أو القاعات الملحقة علي المسارح أو قاعات المسارح ذاتها، وهي محور الحديث هنا حيث نحتاج إلي إنارتها بدرجات متفاوتة فنحتاج إلي إنارة السقف والحائط والأرضية حيث السلالم وفي جميع الأحوال تكون إنارة السلالم خافتة لأنها تستخدم فقط في حالة الإظلام التام للقاعة بينما النوعين الآخرين يحتاجان إلي درجات متباينة الإضاءة بمستوياتها المختلفة عالية الاستضاءة أو متوسطة ثم المنخفضة قبل الإظلام التام أثناء العرض المسرحي. وكلها وسائل متباينة تحتاج إلي الفن والذوق في الأنماط التي يجب أن تستخدم لتريح العين المبصرة قبل الاندماج مع العرض المطلوب مشاهدته. ومن ثم نحتاج إلي النظام الآلي في التعامل لتخفيض مستوى الإضاءة تدريجيا من مرحلة أولي إلي ثانية إلي أخيرة، بينما في العقود الأخيرة ظهرت الأجهزة التي تتعامل مع المشغلات الدقيقة والحاسب الإلكتروني. وتستطيع بذلك تخفيض الإضاءة بأسلوب تدريجي مستمر وليس علي مراحل كما كان متبعا من قبل وبذلك نحافظ علي درجة

رؤية المشاهد ونعطي الفرصة للانتقال من الحالة المضاءة تماما إلي المظلمة تماما دون أي تأثير ضار علي الرؤية البشرية سواء للمشاهدين أو للعاملين في ذات الحقل.

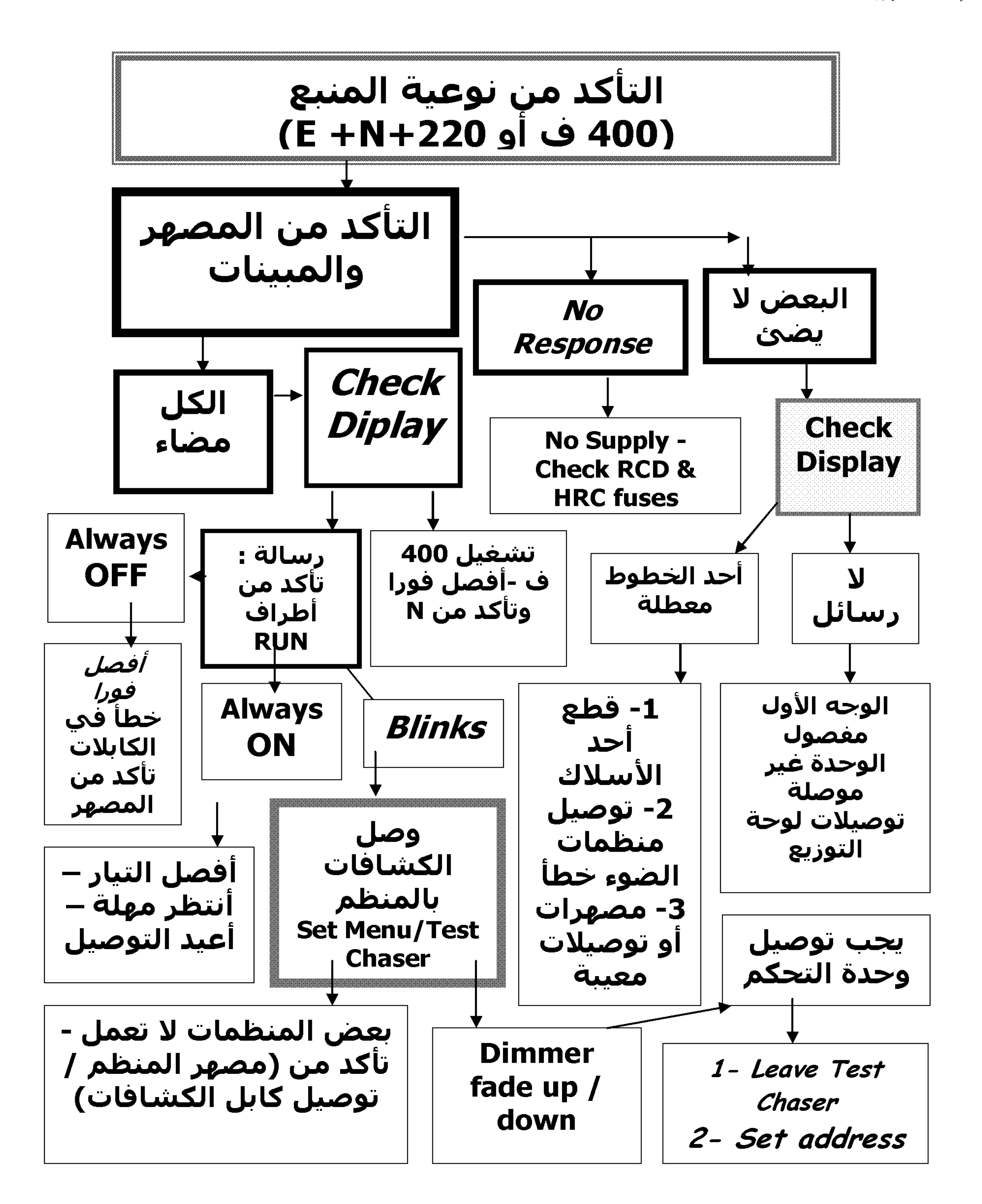
(ب) إضاءة حجرات الخدمات Serves Room Illumination

تحتاج حجرات الخدمات (وهي متعددة فمنها حجرة التحكم أو حجرة الإشراف علي حركة الممثلين أو موقع الملقن أو حجرة الممثل والمخرج) إلي أنواع الإضاءة المعتادة مثل إنارة المنازل والمقار الحكومية ومثل المطاعم السياحية أيضا ولكننا هنا نحتاج إلي وضعها علي الخريطة الآلية للتشغيل مع الحاسب الإلكتروني وأجهزة التحكم في الإضاءة داخل المسرح، وخصوصا تلك الحجرات الخاصة بالتشغيل (أي مكان العاملين علي الإضاءة ومتابعة الصوتيات بالمسرح ومراقبة العمل) وأماكن الممثلين والمخرج وغيرهم من العاملين وقت إظلام القاعة أي وقت الأداء المسرحي.

ثانيا : التحكم في الإضاءة التلقائية Automatic Lighting

مما سبق نستطيع تفهم مدى أهمية التعامل مع الإضاءة التلقائية خصوصا مع الأعمال مسرحية الطابع وليس بالضرورة أن تكون في المسرح فقط ولكنها تلك الأعمال التي تحتاج إلي إضاءة من شكل محدد ومركز وله طابع مميز وقد يظهر مع الأعمال السينمائية أو في أستوديو التصوير أو في المواقع الأثرية أو علي حدود المعسكرات العسكرية أو المواقع النائية والتي تحتاج إلي الحراسة مثل الحدود الدولية وغيرهم.

هذا هو النوع المستقبلي والذي يجب أن تخضع له جميع الأعمال اليومية في المصانع والمجمعات الضخمة والمستعمرات السكنية وفي الشوارع وغيرهم لما سوف توفره من الطاقة وبالتالي في تكلفة الاستخدام الكهربائي في مجال الإضاءة، وهذه العملية تعتمد علي محوري التشغيل وهما محوري التأكد من سلامة المنبع ووصوله إلي وحدة التحكم (AUTOMATIC CONTROL UNITE) أولا بينما الثاني يشمل خطوات التعامل والتنفيذ بعد التأكد من وجود التيار وسلامة الدوائر Circuits المختلفة الداخلة في الأداء. وبناء علي هذا نضع الهيكل التنظيمي للتأكد من وصول التيار بسلام إلي جميع الوحدات العاملة بالمنظومة لتشغيل الإضاءة من هذا المنطلق حيث أن هذا هو المبين في الشكل رقم 4 - 1. كما أنه في حالة الفصل التلقائي Automatic Tripping للجهاز يلزم ضرورة التأكد من:



الشكل رقم 4- 1 : أسلوب التأكد من وصول التيار

1- مجموع الأحمال الكلية Total Loads المتواجدة علي الوحدة من كل المنظمات الضوئية لأن التحميل الزائد Over Load قد يؤدي بالجهاز ولذلك يلزم احتساب مجموع الأحمال الكهربائية علي الجهاز والتأكد من قيمتها الإجمالية وأنها لا تتجاوز الحمل الأقصى المقنن.

2- درجة حرارة الهواء المحيط Ambient Temperature مناسبة وغير مرتفعة حيث أن الدرجة المقننة هي 35 درجة مئوية كحد أقصى ولهذا السبب يجب أن توضع هذه الأجهزة داخل حجرات مكيفة الهواء لضمان عدم ارتفاع درجة الحرارة في أي وقت، وهذا يفيد بضمان عمل المراوح Fans القائمة علي تبريد الجهاز وأجزائه وأن الأحمال الكهربائية علي المنظم الضوئي Dimmer لم تتعدى نطاق المحدد. ويقوم الجهاز تلقائيا بخفض مستوى تحميل Loading Level المنظمات الضوئية أولا عند ارتفاع درجة الحرارة ثم زيادة هذا الخفض مع استمرار الارتفاع الحراري ثم الفصل النهائي Final Switching Off كنوع من الوقاية الضرورية Necessary Protection لهذه الأجهزة.

3- التأكد من المصابيح الكهربائية العاملة Lamps ووصلاتها الكابلية Cable connections لأن الخلل في التوصيل أو التركيب سيسبب عدم وصول التيار إلي جميع المواقع العاملة داخل الجهاز.

4- فصل الجهاز ثم تغيير المصهر لأن المصهر أول أداة واقية ولا يجب تغييرها علي الحمل خصوصا عند تركيبها وحتى لا يقع عليها التيار الكلي وقت التركيب منعا للشرارة Sparking.

5- توصيل الجهاز مرة أخرى بعد تركيب المصهر البديل New Fuse عن ذلك الذي خرج عن العمل أما الشكل رقم 4 - 2 فيعرض المحور الثاني والخاص بخطوات التشغيل كاملة وهو ما ينطوي علي طريقين متجاورين داخل المنظومة عند تحميل 50 % من حمل المنظمات الضوئية كي نتفادى التحميل الكامل المفاجئ فيكون التحميل تدريجيا. ويتم العمل حتى نصل إلي نصف الحمل الكلي وبالتالي نبدأ في اختبار الإشارات التي تعمل وتحديد تلك التي لا تعمل.

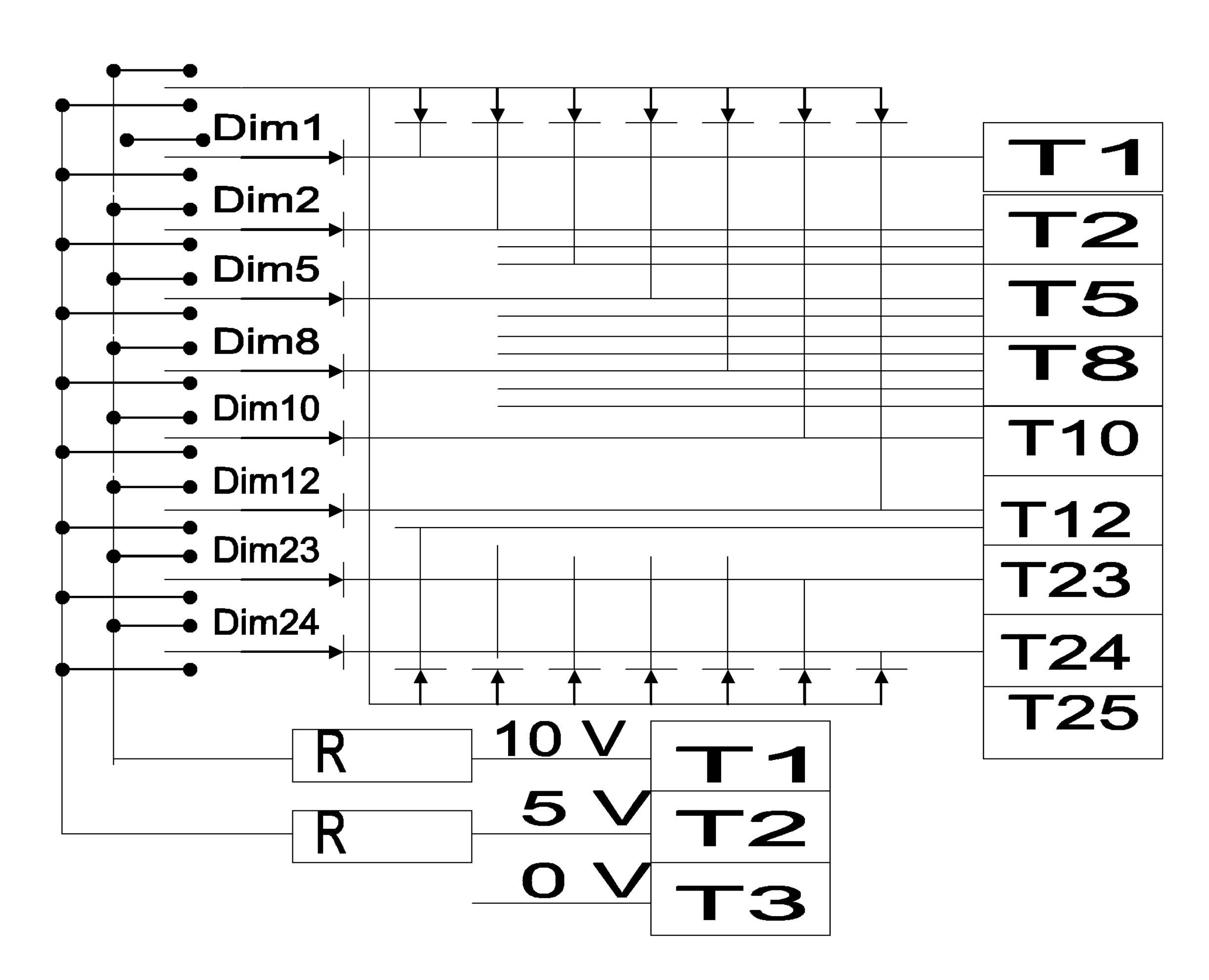
هذا الأداء مهما داخل الاختبار حتى نستطيع التعامل مع القنوات بسلامة تامة أثناء التشغيل ويعرض الشكل رقم 4 - 3 الدائرة الرئيسية Basic Circuit لتوصيل المنظمات الضوئية Dimmers معا من خلال وحدة التحكم وهي ما يمكن أن تتم لتوصيل 24 منظم أو 12 وهكذا علما بأن أطراف الخروج Output Socket دائما علي 25 طرف (25 Terminals) وتعمل مع الجهد صفر و 10 و 5 فولت

والرسم يختص بحالة 24 منظم ضوئي وفيه أيضا نجد أن أسلوب المفتاح الضاغط أساسا للتعامل مع التوصيل إلي دوائر التيار المستمر بالجهد المشار إليه عالية. وتأخذ المقننات العامة البيانات الأساسية كما يلي:



الشكل رقم 4- 2 : أسلوب التأكد من دوائر الإشارة

1- مشغلات دقيقة رقمية 100 % Digital
2- تعمل مع قدرات مقننة 3 أو 5 ك. و.
3- تسمح بدرجات حرارة بين 5 كحد أدنى و 35 درجة مئوية مع 90 % كأقصى رطوبة نسبية Relative Humidity.
4- تعمل مع كلا من الطور المفرد والثلاثي مع نقطة تعادل بمدى الجهد المقنن مع ± 10 % .
5- تتم الوقاية بالمصهر Fuse Protection لكل منظم ضوئي على حدة وبإجمالي 100 ك. أ للقصر.



الشكل رقم 4- 3 : دائرة توصيل المنظمات الضوئية

6- تظهر أحيانا مركبة للجهد الثابت D C Component ولكنها ضعيفة لأنها لا تزيد عادة عن 1 فولت عند الحمل الكامل Full Load.

7- يكون ذلك مناسبا للعمل مع الأحمال خالصة المقاومة Resistive (بدون أحمال حثية) وكذلك الأحمال الحثية Inductive مثل مصابيح تنجستن ومصباح الهالوجين منخفض الجهد مع محولات مناسبة Suitable Transformers وأيضا مع المصابيح الفلورسنت بالاستعانة بملف خانق Ballast مخصص لهذا الغرض.

المحور الثاني: خشبه المسرح
Stage Lights

تحتاج خشبه المسرح إلي عناية فائقة واهتمام بالغ من حيث أعمال الإضاءة حيث يلزمها الإضاءة المركزة Concentrated Light بجانب المنتشرة Spread Lighting وتلك ذات الخلفية وهي كلها ذات مقننات تقنية ومواصفات محددة ولذلك سوف نلقي عليها الضوء من أجل المزيد من الفهم والتعرف علي خصائص هذه الإضاءة ومكوناتها ومدى الحاجة إليها علي النحو التالي:

1- إضاءة خشبه المسرح
Stage Lighting

تمثل خشبه المسرح أهم المواقع التي تحتاج إلي الرعاية ومن ثم تكون أعمال الإضاءة فيها متواكبة مع المتطلبات والضروريات وحيث أنها تتباين في الاستخدام فهي هامة أثناء العرض المسرحي للتعامل مع الخلفيات المسرحية وإلقاء الضوء علي المعاني الأساسية فيها وإظهارها بل وتلوينها إذا احتاج الأمر. كما أنه لا يقتصر الوضع علي ذلك بل يمكن الاستعانة بها عند إلقاء البيانات أو حتى عند عقد المؤتمرات والندوات وتأخذ بذلك طابعا متباينا مع الأول، وفي هذه الحالة لا بد من توفير كل المتطلبات لكل أنواع الاستخدامات. وكل هذه الأنواع سنتعرض لكيفية التعامل معها في السطور التالية.

2- إضاءة الممثل أو الفرد علي خشبه المسرح

نحتاج دائما لوضع الممثل في دائرة ضوئية كي يبين معه أنه من أهم الممثلين عند التحدث أو أداء الحركات المعبرة والجوهرية وهنا تكون الحاجة ملحة للتعامل مع نوعيات معينة من الكشافات الضوئية Spot Lights حيث أن أحداها أما إدارة عملية الإضاءة من خلال وسائل تحكم آلية وسنفرد لها البنود التالية فيما بعد عند التعرض لتقنيات هذه الإضاءة خصوصا وأن الإضاءة للمثل وحده تحتاج إلي نوعيات معينة دون غيرها.

3- إظلام خشبه المسرح أثناء تغيير المناظر

في كثير من الأحوال نحتاج إلي إظلام متعمد لإجراء تغييرات في المشاهد أثناء العرض داخل الفصل المسرحي وبدون توقف المسرح أو المعنى العام له ويظهر بذلك التحكم الآلي وأهمية وما سوف يلعبه من دور أساسي في هذه العملية، ولذلك سوف نتناول هذه التقنيات الحديثة والتي تعتمد علي الدقة والتوقيت المناسب فيما هو لاحق من هذا الباب.

تلك هي محاور الإضاءة في القاعات المسرحية فنجد البسيط والمعروف مثل المحور الأول والثاني بينما نري الهام جدا في المحاور الأخيرة إلا انه مع التكنولوجيا الحديثة' أمكن الدمج بين المحاور جميعا.

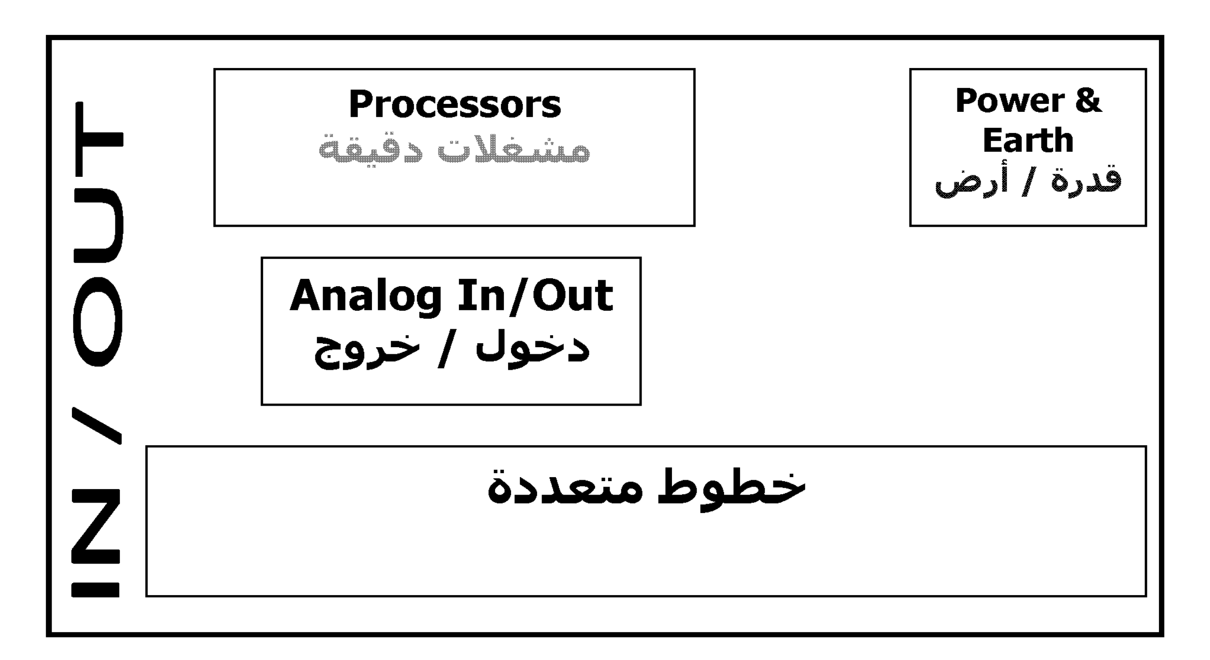
2-4: تقنيات وسائل الإضاءة
Technology Concept

يدخل في الاعتبار العديد من الأسس التكنولوجية منها:

أولا: مشغلات دقيقه microprocessors

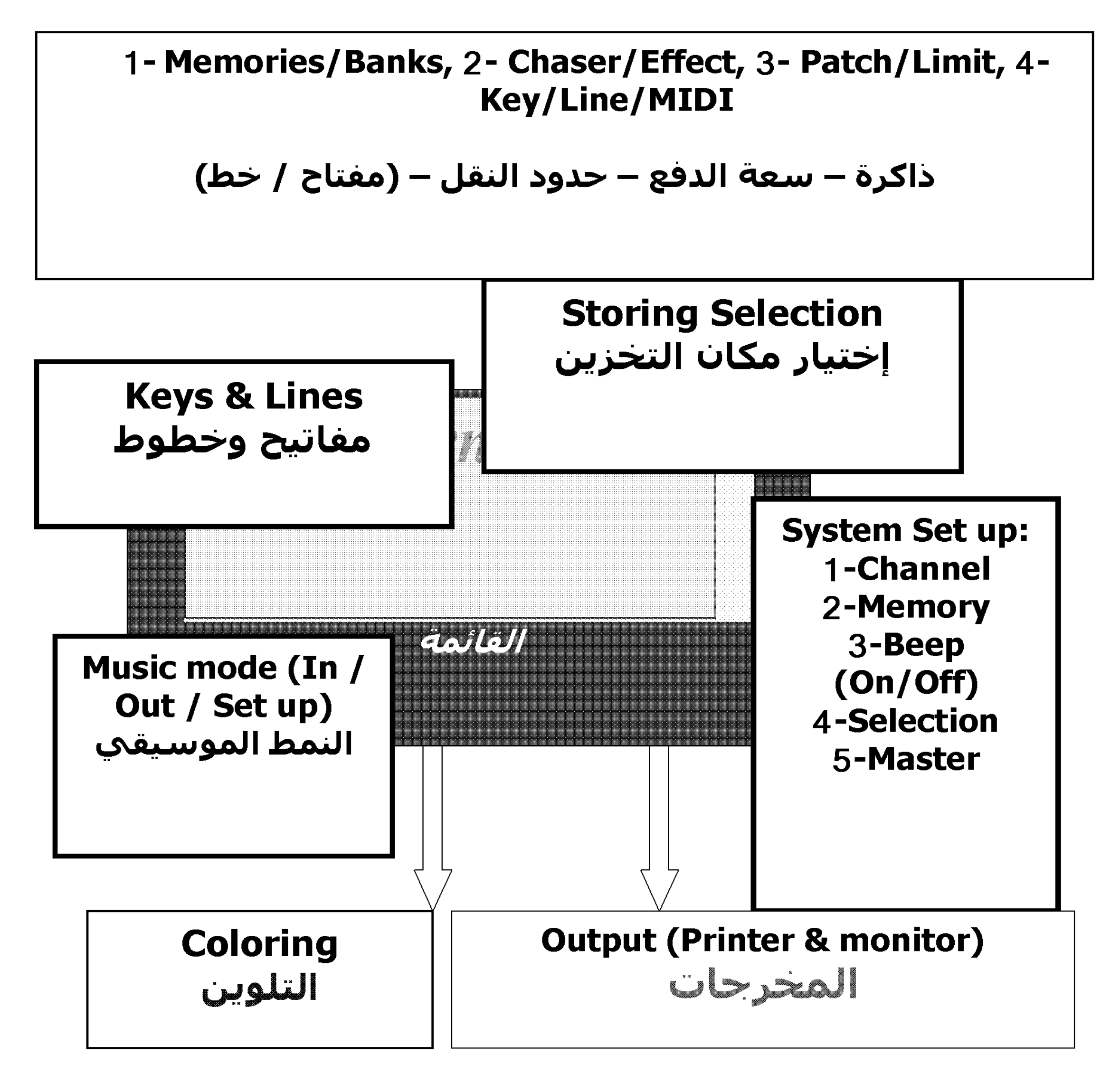
تعتبر المشغلات الدقيقة من أهم الأعمال الفنية التي سارعت من التقدم العلمي في العصر الحديث وقد تبعها العديد من الاختراعات التي تساهم بدرجة ما في تبسيط الحياة علي البسيطة ولهذا دخلت في

مجال الإضاءة المسرحية وساعدت إلي حد كبير في التطور المعاصر للأعمال المسرحية ونجد في الشكل رقم 4 - 4 الصورة التخطيطية العامة لوحدة المشغلات المركزية CPU غير أنه تتواجد الأنواع الأحدث والأشمل في الأداء وفي الإمكانيات المتاحة للعمل في هذا الميدان.



الشكل رقم 4- 4 : لوحة المشغلات الدقيقة

تعمل هذه الدوائر والتي تعرف باسم اللوحة الأم Mother Board اعتمادا علي سرعة المشغلات الدقيقة المركبة عليها وهي الآن أكثر تطورا عن ذي قبل وأصبحت السرعة Speed تتلاءم مع التزامن الفعلي في تنفيذ العمليات الرقمية. وهي نفس المشغلات التي تحدد أسلوب العمل مع وحدات التحكم الخاصة بمثل هذه الأجهزة الضوئية كما نراها في الشكل رقم 4- 5 حيث تظهر القائمة منطلقا للعمل، ومنها يتم الاختيار وتخزينه بالذاكرة وإنشاء الخصائص وصفات التشغيل المطلوبة وتحديدها. كما يمكن إضافة التأثيرات الصوتية الخارجية Audio وبالأخص الموسيقية منها خصوصا وأن العمل بهذه الأجهزة يكون في ميدان المسرح والغناء أساسيا فيها، إضافة إلي ما سبق نستطيع التعامل مع الألوان الخاصة بالإضاءة وذلك بشكل آلي أو يدوي حسب الأحوال.

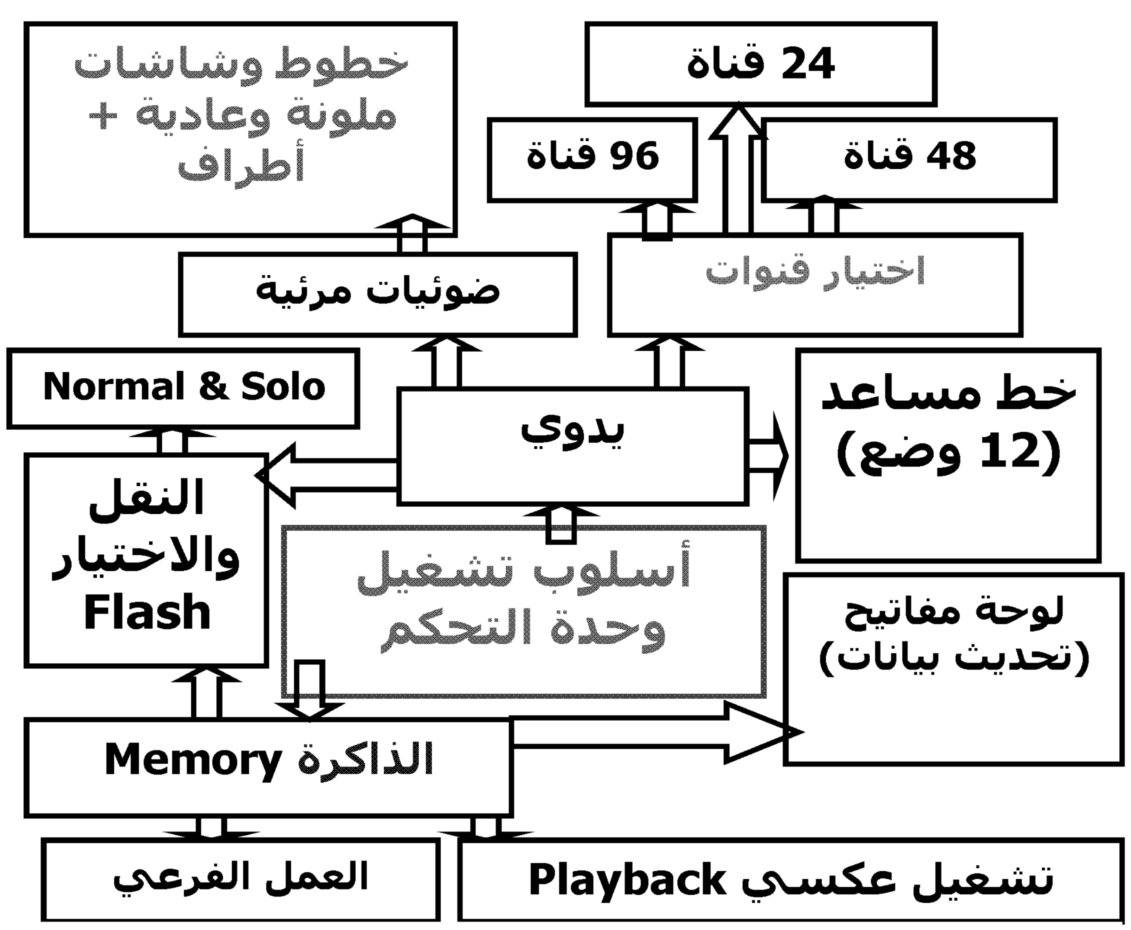


الشكل رقم 4 - 5 : أسلوب التعامل مع وحدات التحكم بالمشغلات الدقيقة

يظهر أيضا من الشكل أن الجهاز يعطي إمكانية الإخراج Output سواء كان ذلك علي الطابعة Printer أو من خلال الشاشة العارضة Monitor ويلحق عادة بالجهاز شاشتين أحدهما وهي الأساسية تكون ملونة Color والأخرى من النوع الأبيض والأسود.

ثانيا: وحده تحكم (Lighting Control Desk)

يجب أن تقع هذه الوحدة من حيث المبدأ في إطار عام يتيح الفرصة للتشغيل بأي من الوسائل المعروفة كما هو موضح بالشكل رقم 4-6، وهما طريقتان فهي إما اليدوية Manual أو الآلية Automatic. وهذه الآلية يجب أن تشمل أسلوب التخزين أو الاعتماد علي الذاكرة Memory (وهو الوضع الآلي فور إغلاق الوضع اليدوي) نسبة إلي المشغلات الدقيقة السابق تحديدها عالية وما يتطلبه ذلك من ضرورة توافر لوحة المفاتيح Key Board معها (لتسرع من عملية نقل الاختيار فورا إلي الذاكرة)، وكذلك أنها يجب أن تعمل علي الجهد المعتاد وهو 220 ف وبذلك يكون مقتن التشغيل لها هو 220 – 240 ف مع الذبذبة 50 هيرتز واستهلاك لمقتن التيار بقدر 3- 4 أ.



الشكل رقم 4- 6: خريطة توضيحية لتشغيل وحدة التحكم

وهذه الوحدة تنقسم إلي عددا من القنوات يتدرج بصفة رياضية مثل 24 قناة مزدوجة الوضع أو 48 مفردة الوضع أو 96 وهكذا، ويضاف إلي هذا كله إمكانية إعادة التشغيل للتأثيرات المختلفة المتواجدة في الذاكرة من خلال 12 وضع وتتميز الوحدة بإتاحة تسجيل كل الخطوات كعملية واحدة علاوة علي إمكانية التعديل الصوتي بجانب الضوئي.

تتمتع هذه الوحدة بعدد من الخواص الفنية مثل:

1- إتاحة الفرصة للعمل علي 3 أوضاع متباينة مثل (Cut, Fade-in / Fade-out, Saw Teeth).

2- إمكانية الحركة في ثلاث أشكال من خلال لوحة المفاتيح لتحميل القنوات منفردة أو مجتمعة سويا وهذه الأشكال هي (أمام Forward – خلف backward – وضع الاتزان Balance).

3- التعامل مع نظامي القطبية (موجب أو عادي Normal – سالب أي عكسي Inverse).

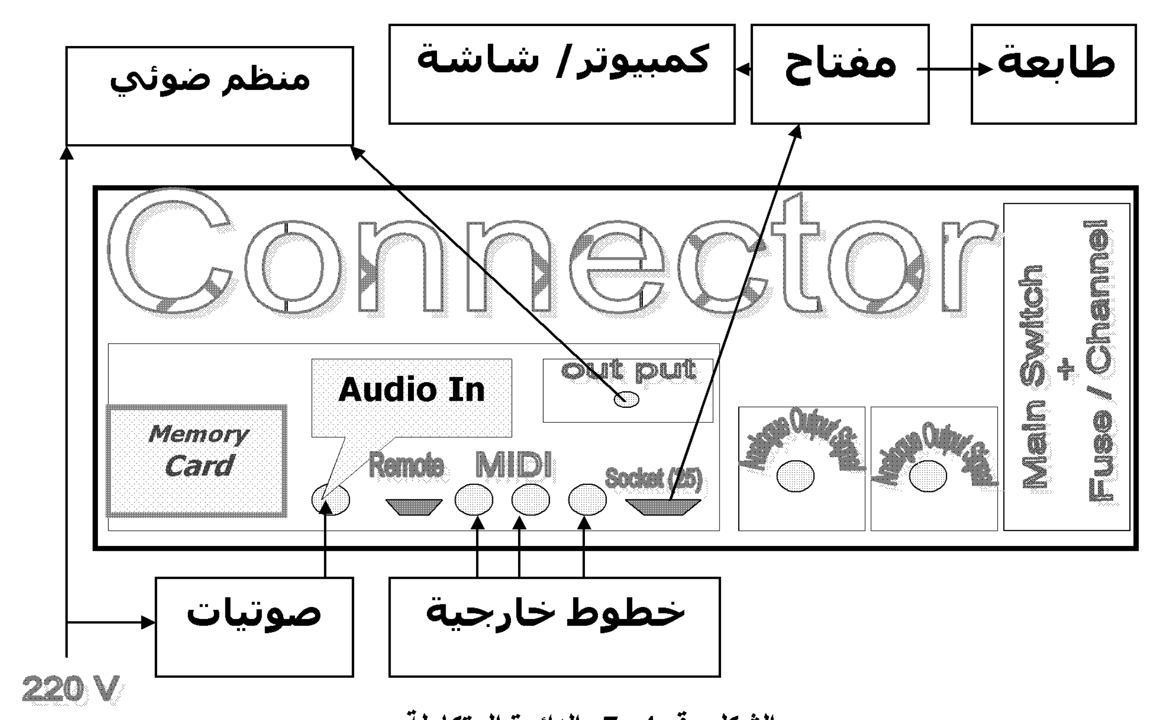
4- التحكم الضوئي مع منظم السرعة.

5- سهولة خلط الألوان.

6- خطوط خارجية مبرمجة.

7- حجم الذاكرة Memory والذي قد يصبح منفردا للغرض مثل الأعمال المسرحية كما أنها قد تكون شاملة 20 مغيرا banks عند التعامل مع الموسيقي السريعة والصاخبة لكل 12عملية تشغيل عكسي Play Back مع السماح بالدخول بين الأضواء المسجلة بالذاكرة فعلا من أجل الإضافة أو التعديل.

8- تواجد إمكانية الإضافة المعروفة باسم الباتش Patch بدون حدود لكل قناة مستقلة وبحد أقصى 512 منظم (dimmer) لكل الوحدة علاوة علي 12 خط فرعي قابل للبرمجة انفراديا ويبرز الشكل رقم 4- 7 الشرح التخطيطي للدائرة الكهربائية الأم لمثل هذه الوحدة مبينا عليها أجزائها.



الشكل رقم 4- 7: الدائرة المتكاملة

9- تعدد مخارج الشاشة حيث تخصيص 48 نهاية حمراء لمخارج LED المعتم لتحديد القنوات العاملة علي خشبه المسرح ومثلها أطراف خضراء للتشغيل في المجال المعتم Blind Mode وتوافر وحدتين LCD لبيان تفاصيل القنوات ومستويات أدائها سواء في مجموعات أو انفراديا وذلك بالاستعانة بمساحة 12 قناة وهي في مجملها تصبح: 2 (40) + 2 (16 حرف).

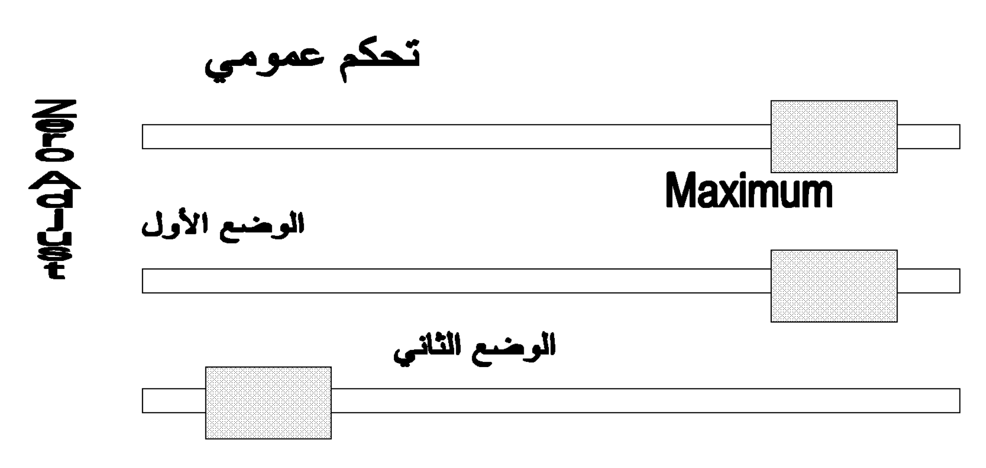
10- تواجد كارت التخزين للتعامل معه Recording & Retrieving لتسجيل البرنامج الضوئي كاملا أو جزئيا.

11- اتساع رقعة التشغيل وتنويعه من خلال تغيير النظام mode التعامل مع الأطراف الخضراء وإصدار الإنذار السمعي عند حدوث خطأ في التوصيل أو الفصل والسماح باختيار البيانات الداخلة وفرصة التعامل مع معاملات الذاكرة الحاسوبية وسهولة برمجة الخطوط الخارجة وفرصة التعامل مع التعديل الصوتي والموسيقي MIDI، حيث يمكن إدخال موسيقى خارجية مسجلة أو لا كي يتضمنها التسجيل النهائي بوحدة التحكم.

12- صلاحية التعامل مع التليفزيون من خلال 12 قناة فرعية بأسلوب (AND/OR) بالذاكرة مع التحميل جزئيا أو كليا.

13- سهولة إعادة التخزين التلقائي أو التصحيح المباشر للقنوات الضوئية المسجلة بالذاكرة فورا ودون تعطيل.

14- بساطة تحميل الضوء العادي Rock Lighting مع مدي واسع لاختيارات الصوت الموسيقي المصاحب للعرض الضوئي وكذلك التذبذب الضوئي Flickering.



الشكل رقم 4- 8 : تحكم رئيسي

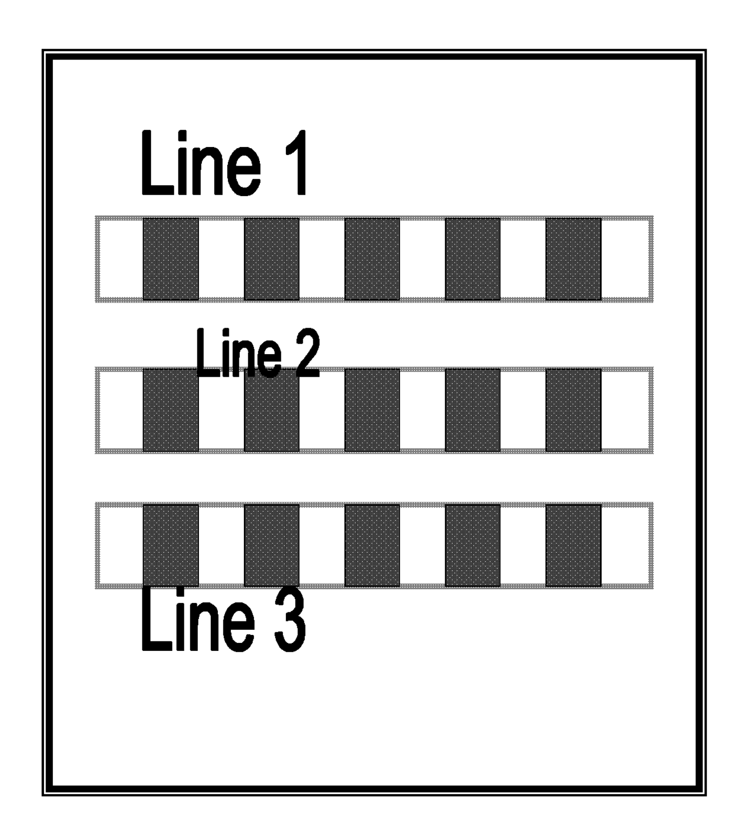
15- السماح بتحميل خطوات متتابعة داخل القنوات وبمستويات متباينة.

16- التحكم اليدوي في تأثيرات فورية مباشرة (12 قناة).

تعمل عادة هذه الوحدة علي نظام التعميم والتخصيص طبقا لوضعي التشغيل ولذلك نجد في الشكل رقم 4 - 8 مفتاحا عموميا للتشغيل ويتبعه مفتاحان (مفتاح لكل وضع لكل قناة) للتحكم في شدة الضوء لكل من القنوات وهي ما تسيطر علي الكشافات الضوئية العاملة علي شبكة المسرح.

ثالثا: المنظم الضوئي Dimmer

يقوم منظم الضوء بكل أعمال الخلط بين جميع أنواع الإنارة والإضاءة المطلوبة ويتحكم في مستوياتها وأشكالها ومدة عملها وترتيبها ولهذا السبب فهو مناسب للعمل في المسرح والأستوديو بالإضافة إلي الإنارة المعمارية، وهذه المنظمات الضوئية ذات صفات محددة نوجز أهمها:

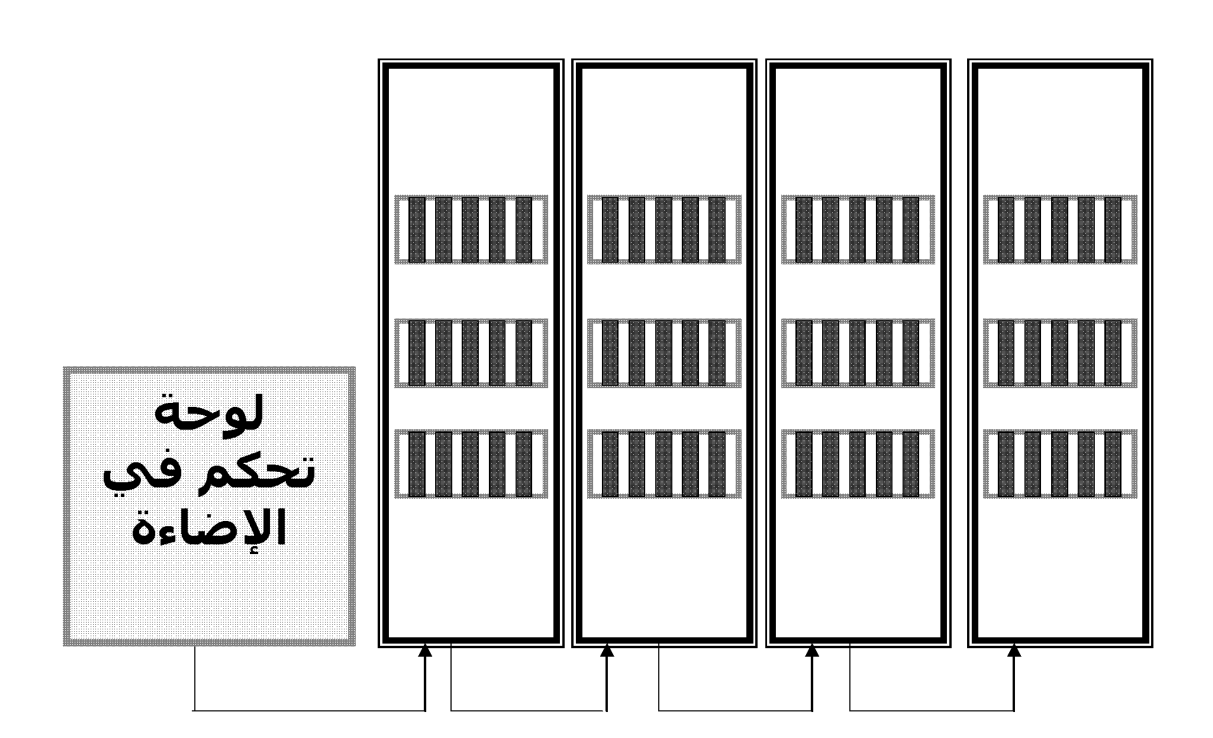


الشكل رقم 4 - 9

1- **مجهز للعمل الآلي بالحمل المقنن ويمكن التحكم بالأسلوب المحلي.**
2- **اختيارية عالية Selectivity.**
3- **اختبار ذاتي.**
4- **تخزين بالذاكرة مؤجل المحو.**
5- **التخزين لا يتقيد بالزمن ويمكن ذلك لدليل الإضاءة أيضا.**

6- الدوائر الكهربائية متكاملة وتركب رأسيا (وهو الوضع الأفضل) أو أفقيا.
7- السماح بفصل آلي لنقطة التعادل Neutral.
8- القراءات الأساسية فورية لكل الأجهزة العاملة Reporting.
9- تشغيل الشاشة مع المحاكي أنالوج Analogue Control.
10- صالح للتشغيل المركزي بالنسبة للإضاءة.
11- بساطة التركيب وسهولة التشغيل.
12- يمكن التعامل مع المصابيح (هالوجين تنجستن- فلورسنت مخصصة – مع محولات جهد منخفض).

ويوضح الشكل 4 - 9 المنظر العام لهيكل هذا المنظم كما أن المواصفات الفنية الأساسية Specifications توضع علي النحو في صورة عامة وقابلة للتغير بين هذه الأرقام التالية بالنقص أو الزيادة الطفيفة:



الشكل رقم 4 - 10: منظمات الإضاءة للتحكم في الإنارة

1- القدرة القياسية المعتادة تتراوح بين 24 × 3 ك. و. أو 12 × 5 ك. و. أو 12 × 3 ك. و. + 6 × 5 ك. و.، إضافة إلي إمكانية الخلط بينهم.

2- 100 % رقمية الأداء Digital.

3- 5 مفتاح × 12 حرف.

4- تصل القدرة الكلية إلي أكثر من 60 ك. و. تشغيل مستمر.

5- الفقد لا يزيد عن 2-3 %.

6- تبريد آلي عالي الكفاءة (مراوح 12 ف مستمر).

7- يستخدم عادة ثيرستور عالي القدرة (أكثر من 50 أ).

8- الوقاية بالمصهر عالي القدرة لكل وحدة مستقلة علي حدة.

9- يسمح بالتعامل مع الأحمال الحثية Inductive.

10- جهد تغذية 230 / 400 ف، 60/50 هيرتز طور وحيد (250 / 300 أ) أو ثلاثي الطور.

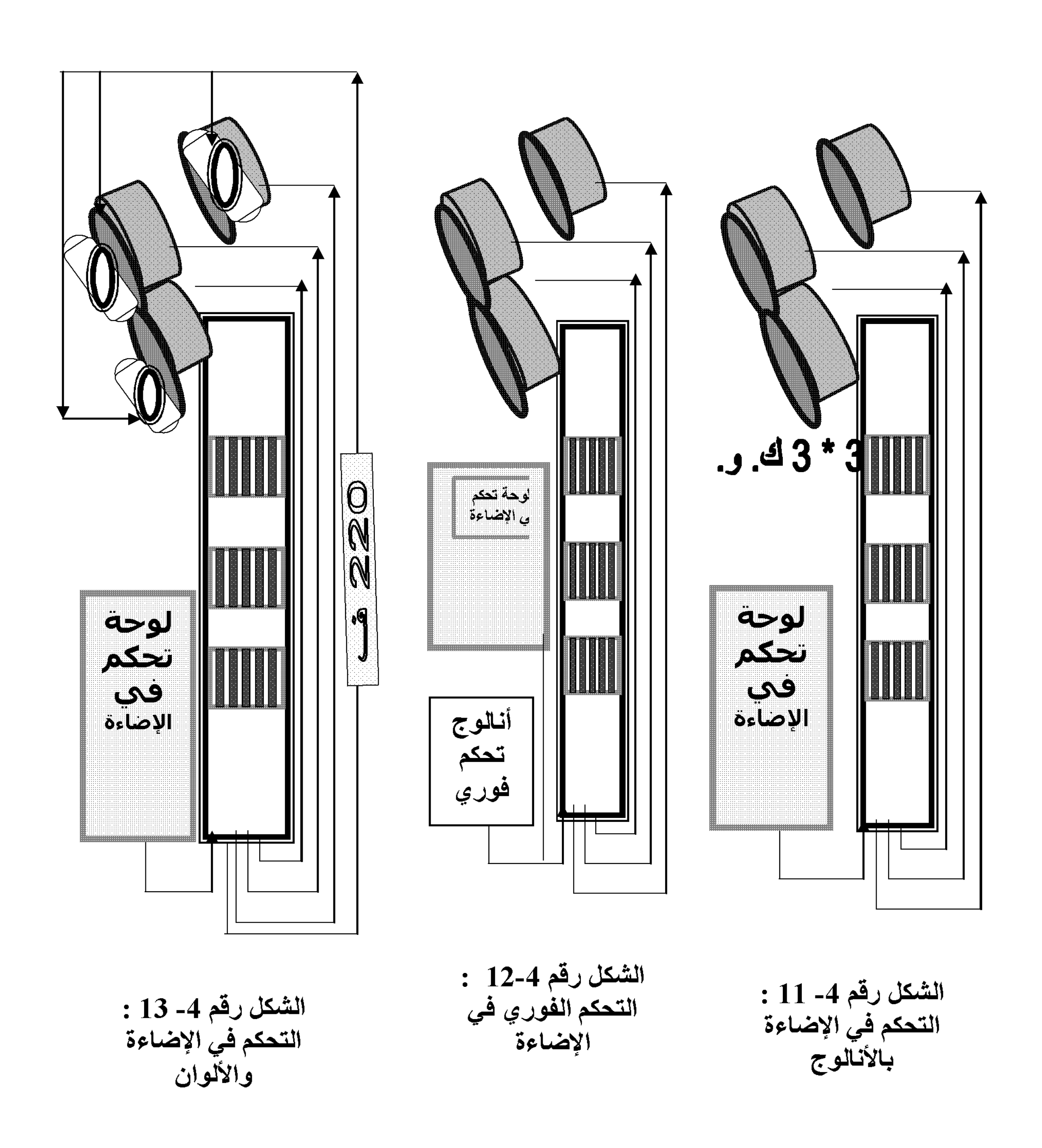
11- تشخيص ذاتي لتحديد معظم العيوب إذا ظهرت ويكون ذلك تلقائيا.

12- قابل للبرمجة عن بعد مما يسهل حرية في التعامل مع الحالات الطارئة أثناء التشغيل.

13- عالي الدقة High Resolution حيث تصل خطوات التنعيم إلي 5000 أو أكثر في الأنواع الحديثة علاوة علي أن التقدم التقني يقدم كل جديد يوميا في هذا المجال.

14- الترشيح عالي الدرجة (أقل من 200 ميكرو ثانية) مما يساعد علي درجة النقاء وهذا سوف يظهر قريبا.

يظهر في الشكل رقم 4 - 10 أربع وحدات تحتوي عدد 24 منظم ضوئي تتعامل مع وسيلة أنالوج للإدخال أما في الشكل رقم 4-11 نرى وحدة مع إدخال الأنالوج وفي الخروج للتوصيل مع كشافات ضوئية بقدرة 3 ك. و. لكل منهم. وكذلك يمكن إضافة لوحة تحكم كما هو وارد في الشكل رقم 4-12 وتعطي المنظومة تطويرا آخر عند التعامل التحكم في الألوان كما في الشكل 4- 13. ومن الهام أن نتبع القواعد الأساسية لضمان الأداء الكامل ولهذا يلزم مراعاة ما يلي:



الشكل رقم 4- 11 : التحكم في الإضاءة بالأنالوج

الشكل رقم 4-12 : التحكم الفوري في الإضاءة

الشكل رقم 4- 13 : التحكم في الإضاءة والألوان

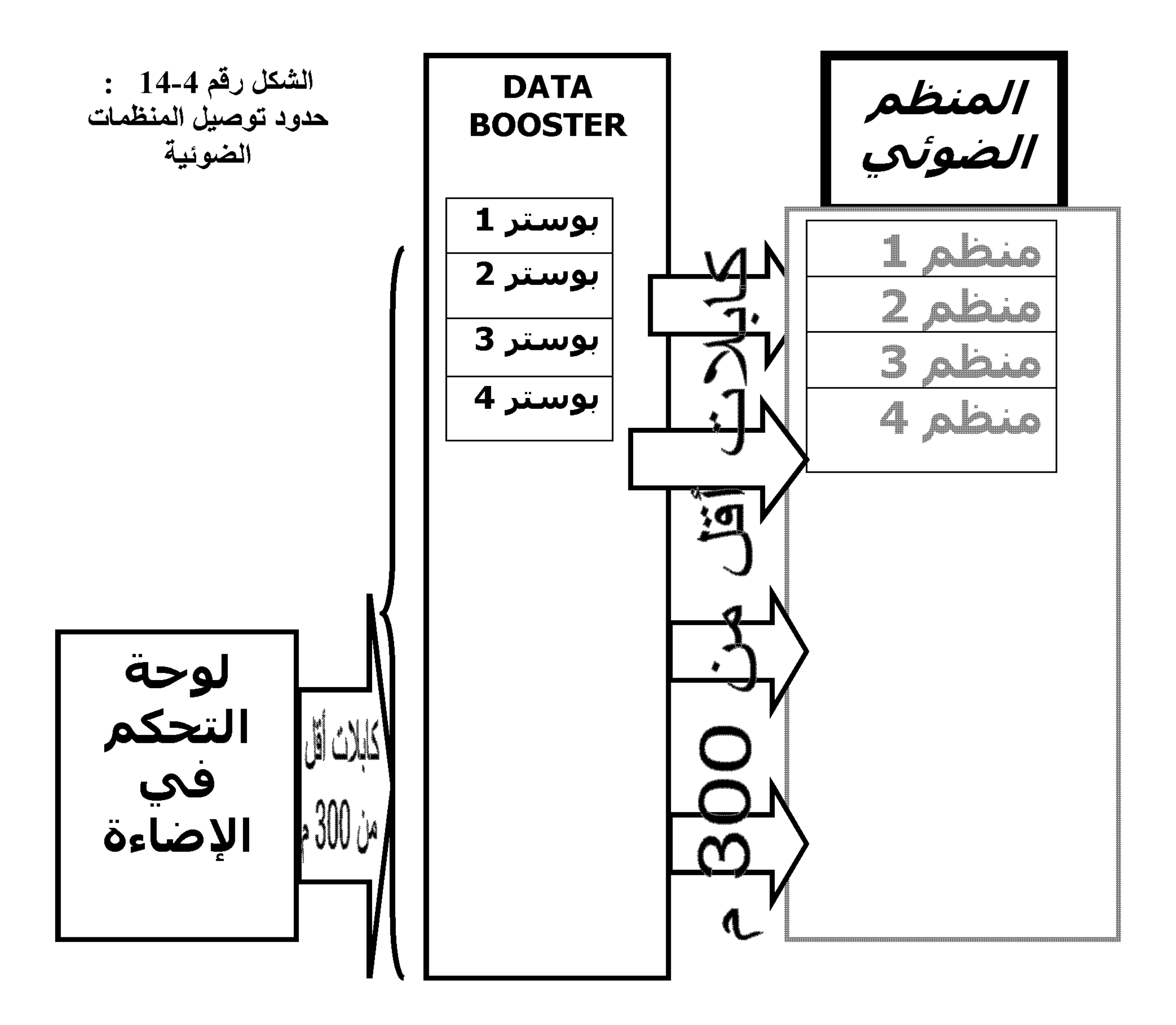
1- ألا يزيد مجموع أطوال الكابلات الموصلة بين المنظمات الضوئية وأطراف التوصيل عن 300 متر منعا للفقد المحتمل ظهوره.

2- في حالة ضرورة التوصيل لمسافات طويلة يتم تقطيع المسافات من خلال مكبر Amplifier والذي يسمي في هذه الحالة مقوي البيانات Data Booster وهو ما نراه بوضوح في الشكل رقم 4- 14 .

3- إتاحة الفرصة لكل مرسل أن يتعامل مع أكثر من مستقبل والذي قد يصل إلي 32 مستقبل وهو عدد كاف للتعامل مع دوائر الإضاءة في المجمعات الكبرى.

4- يجب الالتزام التام بفصل خطوط التغذية للجهد عن تلك الخطوط الخاصة بنقل الإشارات والبيانات والتحكم.

الشكل رقم 4-14 :
حدود توصيل المنظمات الضوئية

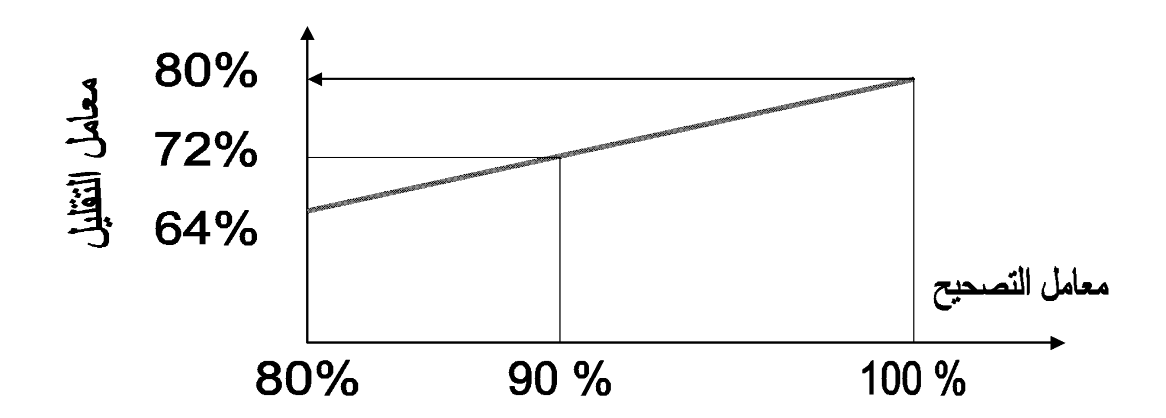


يعمل كل منظم ضوئي تبعا لقانون Dimmer Law يحدده المستخدم وعادة ما يكون خطيا. كما يمكننا وضع قانون موحد لكل المنظمات الضوئية بصفة واحدة كأمر رئيسي للعمل، بالإضافة إلي

الوضع الأول لكل منظم علي حدة ويكون الجهد الخطي Linear حتى 120 فولت. ويتبع نفس التغير مع المصباح الفلورسنت حتى 5 % قبل مستوى الارتفاع الحراري ويصبح القانون مربع العلاقة Square Law للتلفزيون TV ويخصص معامل تصحيح Multiplication Factor لكل منظم ضوئي، وتجرى عليه الاختبارات التالية:

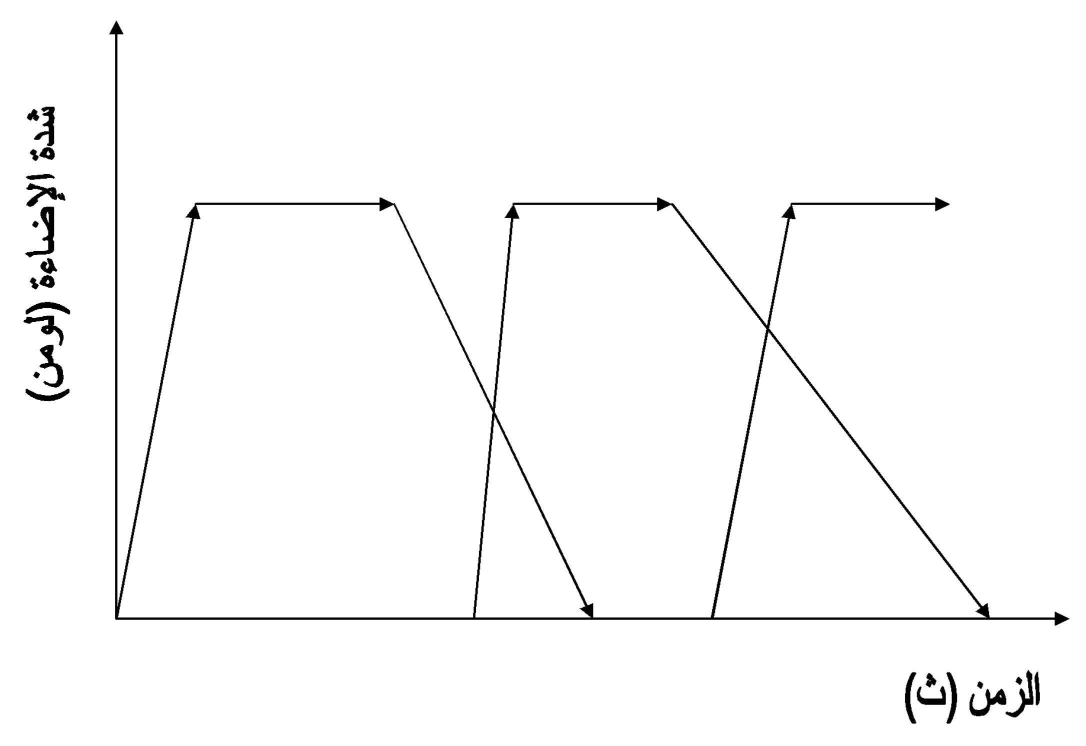
1- **التحصيل المتاح في حدود 70 بالمائة (Automatic Chaser at 70 %).**
2- **وجود أشارة التحكم (Presence of Control Signal).**
3- **التحكم المتاح في كل وحدة بمفردها (Single Dimmer Flashing at any Level).**
4- **أمكانية الإضاءة المباشرة (Lighting Cue without Desk).**
5- **الإختبار الذاتي تلقائيا (Self Test) ويتم هذا الاختبار داخليا به.**

من الناحية الأخرى يكون معامل التصحيح Multiplication Factor مقترحا للتوصل إلي حدودا للإضاءة وهو معطى بالنسبة المئوية كما في الشكل رقم 4 - 15 حيث تكون العلاقة الخطية بين كلا من معامل التقليل Reduction Factor ومعامل التصحيح والذي يعتمد في معدله علي نسبة النقل في المنظم الضوئي والذي دائما يقرب 80 %، وبهذا نجد معامل التقليل يساوي 64 % إذا كان معامل التصحيح 80 %.



الشكل رقم 4- 15 : العلاقة الخطية لمعامل التقليل

بالنسبة لزمن الإضاءة وضبطه مع المنظم الضوئي كما جاء في الشكل رقم 4- 16 حيث يتم تحميل الإضاءة الأولي بمعدل 1 ثانية من الصفر حتى الحمل المقنن ويستمر الحمل المدة المحددة للإضاءة ويوقف هذا الضوء في زمن إرجاع يبدأ عادة أطول من البدء فيكون 2 – 4 ث أو يزيد وبالمثل حتى العودة إلي الإضاءة الطبيعية بدون المنظمات.



الشكل رقم 4- 16: التحميل الزمني لمنظم الضوء

كما يجب توضيح أن القوائم التي تعمل بها هذه الوحدات عبارة عن أربعة وهي:

1- قائمة المصنع فقط Factory Menu وهي من النوع الذي يكتب فيه بالمصنع ويصبح بعد ذلك للقراءة فقط ROM ولا يستطيع المستخدم التعامل مع أي تعديل لها بل عليه استخدامها.
2- قائمة لبدء التجهيز والإعداد للتشغيل وهذه تخص القائمين علي التشغيل.

3- قائمة التشغيل الآلي وهي أيضا مكملة للسابقة وتخص العاملين ومن الممكن فيهما التسجيل والتغيير والتعديل حسب الحاجة ورغبة المشغل.

4- قائمة الصيانة Maintenance Menu وهي تخص المتخصص فقط دون غيره كما أنه لا يجوز فتح هذه الوحدات من غير المختص.

رابعا : السيكلوراما cyclorama light

تختص السيكلوراما بإضاءة عامة وشاملة واسعة الزوايا Flood Light وهي تتكون من حيث المبدأ من مصباح شديد الإضاءة له عاكسين في وضع غير متماثل ولذلك فهو يناسب الضوء اللازم في أستوديو التصوير سواء العادي أو التلفزيوني أو في الاجتماعات وكذلك يناسب خشبة المسرح للتمثيل أو في الحفلات وهو ينتج علي شكل إما وحدات منفردة مستقلة أو زوجية الأرقام أي 2 أو 4 أو 6 وهكذا، ومن هذه الجهة فهذا النوع يصلح للمسارح المدرسية وأندية الشباب الرياضية وكذلك للمتاجر وتصدر في وحدات مقننة من مصابيح تنجستن هالوجين بوحدات الوات القياسية مثل 100 ، 150 ، 250 ، 300 ، 625 ، 1000 ، 1250 - وأخيرا بالنسبة للخواص الأساسية فهي:

جدول رقم 4 - 1: بعض كشافات السيكلوراما

قدرة (ك. و.)	زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
0.25	59	261
0.5	60,5 66	475
1	68,5 84	360
1.25		1350 4550

1- أسلوب تبريد أساسي وعادة يكون الطبيعي لإطالة عمر المصباح حيث درجة الحرارة المعتادة أثناء التشغيل تساوي ما يقرب من 3200 درجة بمقياس كلفن.

2- مصابيح شديدة النقاء clear & frosted lamps.

3 - غطاء من شبكة معدنية واقية يسبقها الجلاتين (المرشح عالي الخواص) باللون المطلوب أو الزجاج الملون.

3- تكون الوحدات بغلاف أسود اللون مع زجاج الأمان.

4- سهلة الترتيب في مجموعات أو بزوايا مختلفة.

5- مزودة بأطراف توصيل متعددة تسهل مهمة تشغيلهم فرادى أو في عدة قنوات أو واحدة منهم فقط.

6- يمثل الجدول رقم 4- 1 بعضا منها حيث تكون زاوية الإضاءة ثابتة تناسب الأعمال المسرحية، بينما يتواجد منها أيضا نوعيات تناسب مواقع الأستوديو للتصوير السينمائي كما جاءت في الجدول رقم 4- 2 والتي يتم تحميلها علي حامل ويكون لها مدي للزوايا مثل الكشافات أيضا.

جدول رقم 4- 2 : بعض كشافات السيكلوراما العاملة علي حامل

قدرة (ك. و.)	مدي زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
0.5	41,5-14	1008
0.65	60	2950
1	56-12	1825
1,2	59,5-9	1950
2	56,5-9,5	1600
2,5	45-8,5 49-9	1900 1900
5	58-11,5 55-14 56,5-12,5 62-11	1915 2000 1850 2450
10	47-12,5	1950

ومنها أيضا ما يتم تعليقه كما هو وارد في الجدول رقم 4- 3.

جدول رقم 4- 3 : كشافات السيلكلوراما تعليق أستوديو

قدرة (ك. و.)	مدي زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
0.072	107-91	270
0,216	107-106	750
1,25	95 * 62	1200
2,5	64 * 99	1000
5	105 * 68	892

ويظهر منه النوعيات الأخري متنقلة محمولة تلائم التنقل والتصوير الخارجي أو اللقاءات العابرة المرئية ويظهر خصائص أحدها الفنية في الجدول رقم 4 - 4 حيث ينتج منها وحدات قياسية بقدرة 200 ، 300 ، 500 ، 800 ، 1000 وات.

جدول رقم 4 - 4 : أحد كشافات السيلكلوراما المحمولة

قدرة (ك. و.)	زاوية الإضاءة	شدة الإضاءة (لوكس)
1	98	440

خامسا: الإضاءة النقطية Spot Light

نستعين في هذا المجال بالكشافات Projectors شديدة الضوء ولكنها تأخذ الصفات التالية:

الجدول رقم 4 - 5 : بعض الكشافات وشدة إضاءتها بالزوايا المتباينة

قدرة (و)	مدى الزاوية	إضاءة (لوكس)	عدسات
75 - 50	50-39	240	بروفيل
150	47-9,3	1200	محدب
	38-26	1000	
أبيض 300-	53-13	937-360	مضغوط
500 أسود	55.5-7.5	1963-350	
650	40-10	1525	محدب
	55.5-7.5	1700 أو 800	منشور أو مضغوط
	40-22	1100	زووم
	40-9	1040	محدب
	30-16	1000	زووم
	40-28	542	زووم
1200	17-8	1480	بروفيل مع مكثف
	42-15	1180	
	50,7-8,7	590	
	52,7-4,5	490	
	26-11	1230-1150	
	32-18	1190	
	44-26	770	
2500	26-10	836	
	38-15	1049	مضغوط مع مكثف
	57-7	900	
	58-4	1400	محدب
	16-8	1000	
	32-14	985	زووم
	38-20	1050	
2000	15-9	1445/1890	زووم
1000	15-9	1625	زووم

1- خفة الوزن ولذلك تصنع عادة من سبائك الألومنيوم أو الصلب الرقيق والمعالج كي يكون قويا لتحمل الاهتزازات Vibrations .

2- عالي التحمل الديناميكي.

3- تكون الخامات الداخلة في المكونات من مواد غير قابلة للصدأ وضد التآكل وضد التأثير الحراري، ولهذا نعتمد علي التبريد الطبيعي natural cooling من أجل إطالة عمر المصباح.

4- دهان ثابت وذلك من خلال الترسيب الكهربائي ويفضل اللون الأسود منعا للتداخل الضوئي ولوقف التأثيرات الانعكاسية.

5- منع ظهور أي حروف وحواف حادة.

6- سهل الحركة والتنقل أفقيا ورأسيا وفي المناطق الضيقة وإمكان تعليقة أو تحميله علي حامل مع إمكانية تغيير موضع التثبيت.

7- وضع وسيلة تبريد مباشر للتخلص من الإرهاق الضوئي.

8- تواجد شبكة سلكية واقية علي وجه الكشاف وبخلفها مجرى لتركيب الغطاء اللوني للضوء المطلوب (الجلاتين) Gel وقد يستعاض عنه بالزجاج النقي الملون.

9- عاكس كروي مصقول وعادة يصنع من سبائك الألومنيوم.

10- وضع يد Knob لتسهيل مهمة تغيير وضع تشغيل الكشاف من شعاع مركز (Beam / Spot) إلي إضاءة واسعة النطاق (Flood).

11- تواجد وسائل ضوئية من العدسات عالية الكفاءة.

12- مصابيح عالية الكفاءة ضوئيا قليلة الإنتاج الحراري مثل الهالوجين كوارتز.

تعمل هذه الكشافات علي الجهد المعتاد ويكون لها المقنن 220 – 250 ف بالذبذبة 50 / 60 هيرتز وقد يستخدم المصباح تنجستن هالوجين ونري في الجدول رقم 4 - 5 بعضا من هذه النوعيات لتلك الكشافات التي تعمل مع الجهد 220 ف.

يعتمد التباين علي طريقة الاستخدام فكل ما سبق من عرض قد شمل الإضاءة ثابتة الحركة بينما تتواجد نفس الطريقة للإضاءة المحمولة مثل التصوير الخارجي في التحقيقات والتلفزيون وغيرهما ففي الجدول رقم 4-6عددا من هذه الكشافات المتنقلة والعاملة علي الجهد 220 ف.

الجدول رقم 4- 6: بعض الكشافات المحولة المنقولة

قدرة (ك. و.)	زاوية (°)	إضاءة (لوكس)
0,65	70-27,5	4155
1-0,8	87-47	740
2	72-27,5	1310
0.2	55-18	1470
0,1	60-36	720
0.25	52-36	600
0.3	70-22	1140

سادسا: مدي الإضاءة zoom profile

الجدول رقم 4- 7: بعض الطرز من الكشافات قدرة 1 أو 1.2(ك. و.) وزاوية الانتشار .

زاوية المجال	زاوية الشعاع	طراز
65-5 65-10 16-10 58-8		عدسات محدبة بمكثف
23-11 36-13 42-15	20-9 18-9 31-15	عدسات محدبة

تتباين هذه المصابيح والكشافات الكهربائية حسب الصناعة والغرض منها فيحدد في الجدول رقم 4- 7 ببعض الطرز من الكشافات مبينا لها الاعتماد علي زاوية الانتشار وتهم هذه الزوايا العاملين في الأوبرا بالذات والأعمال الراقية المشابهة حيث يحتاج إلي الزوايا الصغيرة والتي تصل إلي 4 درجات بينما

النوع العادي وهو الأرخص بكثير ففيه الزوايا تبدأ من القيم المتوسطة حول 15 أو ما يزيد عن ذلك، ويبين الجدول رقم 4- 7 بعضا من هذه الطرز لزوايا مختلفة.

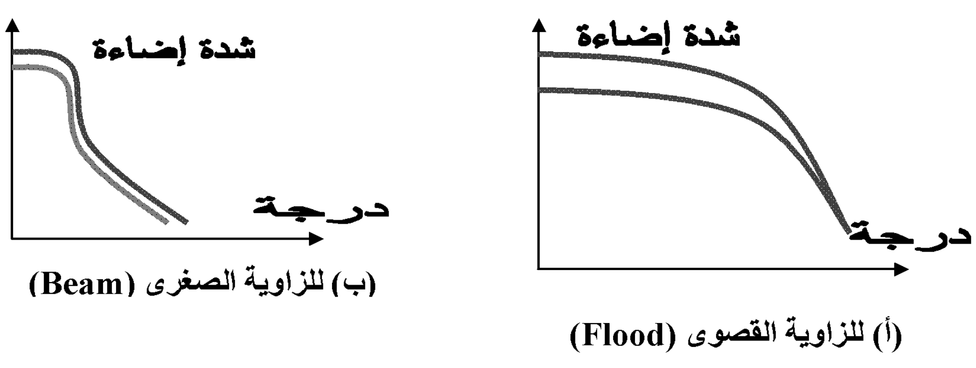
نستخلص من هذا الجدول مجالين للزوايا فالأول يخص المجال وهو ما يعني أوسع إضاءة متاحة من الكشاف والثاني يغطي حالة التركيز الشعاعي ولهذا نزيد إيضاحا لذلك من خلال الجدول رقم 4- 8 حيث يعرض نوعيات منها ببعض الزوايا عند الحدود القصوى وهي للمجال Flood وأيضا الدنيا للشعاع الضوئي Beam ، كما تتغير درجة حرارة هذه الكشافات بين 3000 و 3200 درجة كلفن، والموضوع لا يتوقف هنا بل يصل بنا إلي بعض الخصائص الفنية الهامة من الناحية الضوئية وإذا بالجدول رقم 4- 8 يجدول لنا عددا من هذه الخصائص لعدد من الكشافات المقننة في الأسواق. نفس المعني نستقيه من الشكل 4-24 حيث يعرض المنحنيات لنوعين من الكشافات بقدرات مختلفة ويظهر هذا التباين في القيمة المحورية بالكانديلا للضوء كما في الجدول رقم 4- 8.

الجدول رقم 4- 8: كشافات ضوئية بوحدات قدرة (كيلو وات) والزوايا القصوى والدنيا

قدرة (ك. و.)	زاوية مجال	زاوية شعاع	إضاءة (1000 لومن)	ضوء محوري للمجال (1000 كانديلا)	ضوء محوري للشعاع (1000 كانديلا)	عمر المصباح (س)	عدسات
1	61-7	4-56	26	7,6	216	750/200	منشور محدب
1,2	61-7	4-56	30	9,3	266	400/200	منشور محدب
1	59-13	12-61	26	13	136	750/200	محدب
1,2	59-13	7,5-52	30	16	172	400/200	محدب
1	42-15		26	21,6	96	750/200	زووم
1,2	42-15		30	25,3	115	400/200	زووم

من الجهة الأخرى من تلك الكشافات ذات الزوايا والمدى الواسع أو الضيق لها تتواجد كشافات من نفس النوعية ولكنها بزاوية ثابتة مثل ما نعرض في الجدول رقم 4- 9 حيث تعمل علي الجهد 220 فولت أيضا وعادة تكون من الطراز بروفيل Profile.

نتوقف هنا مع هذه البيانات ونضع في الشكل رقم 4- 17 التصرف التلقائي في العلاقة بين كلا من درجة أو زاوية الإضاءة وشدة الإضاءة بوحدات (1000 كانديلا) عند النهايات العظمى (أ) والصغرى (ب) بالشكل.



(ب) للزاوية الصغرى (Beam)

(أ) للزاوية القصوى (Flood)

الشكل رقم 4- 17 : صفات الإضاءة

جدول رقم 4- 9: كشافات بزاوية ضوء ثابتة

قدرة (و)	مدى الزاوية	إضاءة (لوكس)	مدي المسافة (م)
650	25	975	6
1000	15	1200	20-15
1000	20	1000	18-14
1000	30	1100	15-12
1000	40	1000	12-10
1000	50	1000	10-8
1000	7	2350	24
500	6,9	3000	15

سابعا : نظم التركيز الضوئية
optical concentration systems

نتعامل مع نظم العدسات التي يجب أن تكون بأعلى درجات النقاء وبها نستطيع تحويل الشعاع المركزي من المصباح والذي يقع في بؤرة العدسة الأولي إلي شعاع مركز في شكل حلقي يخرج من الكشاف إلي السطح المراد إضاءته بصفة مركزة خصوصا داخل الظلام الدامس إن صح التعبير وكيفية تحويلها في كل مرحلة من خلال العدسات المتتالية داخل المنظومة.

كما تتوزع هذه الوحدات الضوئية علي الأماكن المختلفة علي النحو التالي:

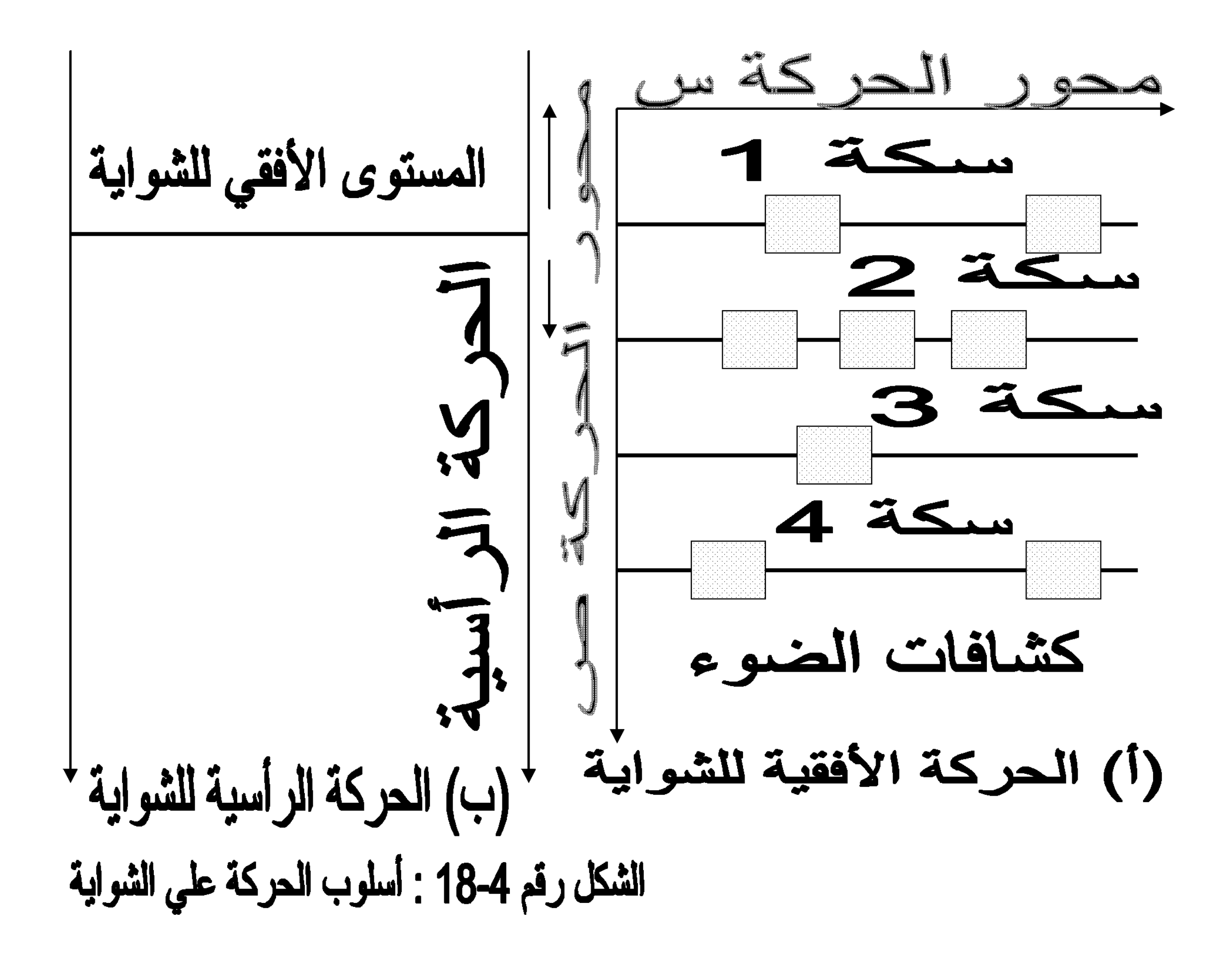
(ا) الشواية
Grill

الشواية تمثل المطبخ الخاص بعملية الطهو في الأعمال الضوئية وتتكون الشواية من عدد من المسارات لكل مجموعة من الكشافات وتعلق عليها وهي تصنع من المعادن الملساء والقوية مثل الصلب أو السبائك المعدنية عالية المقاومة للضغوط الميكانيكية وهو شكلا لهذا التعليق ويضاف إلي هذا أن الشواية قد تأخذ مسارات متعددة وتعرف بعدد هذه المسارات ويسمي فنيا كل مسار باسم سكة وتصبح الشواية 4 سكة أو 5 سكة مثلا ويتم تركيبها فوق خشبه المسرح تماما ويكون إلقاء الضوء من أعلي علي أرضية المسرح.

هذه الشواية تتحرك بشكل هندسي علي الثلاث محاور كما نراها في الشكل رقم 4-18 حيث يعرض الحركة في المستوي الأفقي Horizontal ثم الحركة الرأسية Vertical وذلك للتحكم في شدة الضوء المسلط علي الموقع أو الفرد أو المجسم الهدف المنشود Goal وهذا يؤكد علي بساطة العمل بها سواء كان هذا العمل يدويا أو آليا أ وكليهما منفصلين أو في آن واحد، أما من الناحية الأخرى فتعطي الفرصة للأداء الفني وبالتقنية المحددة من خلال الأنواع المختلفة مثل:

1- الإضاءة المباشرة Direct وهي ما سبق الحديث عنها في الباب السابق وتشمل كل ما يخص المصابيح وطرق التعامل مع العاكس إلي غير ذلك من المعاملات.

2- الإضاءة غير المباشرة **Indirect** وهي تلك الإضاءة التي تأتي من خلال الظل وشبه الظل ونتعامل معها في المسارح وقاعاتها وفي الملاهي الليلية وفي المطاعم الفاخرة.



الشكل رقم 4-18 : أسلوب الحركة علي الشواية

3- الإضاءة المتقطعة **Flickering Light** فهي تخص الأعمال الإعلانية والدعاية وفي بعض الأحوال للوضع الخطأ مثل مصابيح الإرشاد الضوئي في غرف التحكم وتستخدم بكثرة مع الاحتفالات والأعياد.

4- الإضاءة المتغيرة (غير الثابتة) varying Light هذه النوعية هي التي تتغير فيها شعلة الضوء أي الشعاع الضوئي ويتحرك مع الممثل علي المسرح كما يتحرك تماما وقد تأخذ أشكالا عديدة ومن هذا التغير ثلاث محاور هي:

المحور الأول: لون الإضاءة Color حيث يتحدد اللون تبعا للمعني المنوط به ويتم ذلك من خلال الجلاتين.

المحور الثاني: درجة الإضاءة Luminance حيث نحتاج إلي ضوء خافت فيليه العالي ثم المبهر وهكذا.

المحور الثالث: اتجاه الإضاءة Light Direction حيث يتم التغيير بأسلوب ديناميكي وبذلك تعرف من الحركة نوعان فهي أما أن تكون دائرية Circular أو مستقيمة Straight علي خشبه المسرح.

نجد أن الشواية عبارة عن هيكل جمالوني معدني مثبت أعلي خشبة المسرح بالقرب من السقف ويماثل تماما الشواية الصغيرة الخاصة بمأكولات الكباب في المطاعم حيث يتم تركيب محركات كهربائية لكل جزء متحرك بها ويجوز وضع حبال التعليق للكشافات كي تعمل يدويا غير أن الأسلوب الآلي هو الأفضل بالرغم من ارتفاع سعره، وهي لا تظهر للمشاهد لأنها تختفي خلف البرقع من أعلي وخلف البنطلون علي الجانبين حيث توضع هذه الكشافات تبعا لزاوية الرؤية من أول المشاهدين في أول صف بقاعة المسرح ولكنها تكون ظاهرة تماما في المسارح الصيفية والمواقع المفتوحة مثل الحفلات الكبرى والقومية في الملاعب الدولية.

(ب) الإضاءة الأمامية Front

من الاستخدامات الأخرى غير المسرحية تلك التي نحتاج إليها في تجميل الآثار والمباني الهامة فنجدها تعمل أيضا هذه الكشافات علي التجميل لواجهات المباني والآثار والمدارس النموذجية والمتاحف القومية ولذلك نجد بعضا من هذه النوعيات المناسبة في الجدول 4- 10 حيث تعمل كلها بنظام الملف الخانق Ballast وتتميز بالضوء النهاري Day Light الساطع .

الجدول رقم 4- 10: كشافات إضاءة للمواقع والواجهات

قدرة (و.)	زاوية (ْ)	إضاءة (لوكس)
1200	21-3	1315
2500	46-3	2125
4000	44-4	2875
2500	60-7	2000
4000	72-9	2000
575	47-8	2000
1200	53-6	2000
2500	62-7	2000
4000	52,5-8,5	2000
6000	48-7,5	2000
575	89 * 52	900
1200	78 * 90	860

ويمكن الاستعانة بهذه النوعية لإضاءة المباني من الناحية الجانبية أيضا وتكون بذلك الإضاءة الجانبية Side مثل تلك الأمامية لما قد تضفي علي المبني أو المسرح من جمال أو تضع خلفية ذات معني متواكب مع المطلوب في المشهد ، ويجوز الانتفاع بها أيضا في الإضاءة الأرضية Floor تحت أقدام الممثلين أو حتى في إضاءة الحائط المواجه أمام المشاهدين .

ثامنا: استخدام المرشحات (الجلاتين) اللونية color filters

تعتبر المرشحات الضوئية من أولويات العمل المسرحي لأنها تتعلق بالألوان وهي ما تضفي علي المسرح رونقه وهكذا تصبح المرشحات الضوئية والمعروفة فنيا باسم الجلاتين (أنظر الشكل رقم 4-29) هامة وبالرغم من أن التركيز الحراري عليها عاليا فتسبب انهيارها وبالتالي تحتاج إلي التغيير

المستمر وهو ما يلزم التعامل معه علي أنه أمر واقع وما يتبعه من ضرورة تجهيز العدد الوفير منها بالألوان المختلفة ومنها ما يعرض بالأسواق في شكل ألواح قابلة للتقطيع أو في شكل مجهز بالمقاس المقنن والذي يقبل التركيب المباشر لكل كشاف .

4 - 3: آلية إشارات المرور

The Automation of Traffic Signals

تطويرا لما سبق الحديث عنه نجد أن التحكم الآلي Automatic Control في تشغيل إشارات المرور ما هو إلا صورة متقدمة مما جاء بالنسبة للأضواء المسرحية خصوصا وأننا نتجه إلي التشغيل الآلي في كل ما نتعامل معه مادام آمنا وصحيا. كما أنه من الضروري توضيح أن كل تقاطع يجمع بين 6 مصابيح في كل جانب في حالة التقاطع المزدوج فيكون إجمالي عددهم هو (4 أعمدة إشارات x 6 مصابيح بالعامود الواحد أي 24 مصباح) ويصبح (6 أعمدة x 6 مصابيح) للتقاطع الثلاثي علي الأقل، لأنه قد يتضاعف هذا العدد إذا ما استخدمت الإشارات المعلقة بجانب تلك الثابتة أو استخدمت الإشارات علي الجانبين بدلا من الجانب الواحد. وبهذا نضع موضوع هذه الإشارات في محورين هما:

أولا: الموقع المفرد

Single Crossing

يقصد بالموقع المفرد هو العبور المتعدد في ميدان أو مفارق الطرق ومن ثم يكون فيه التشغيل من نوعان:

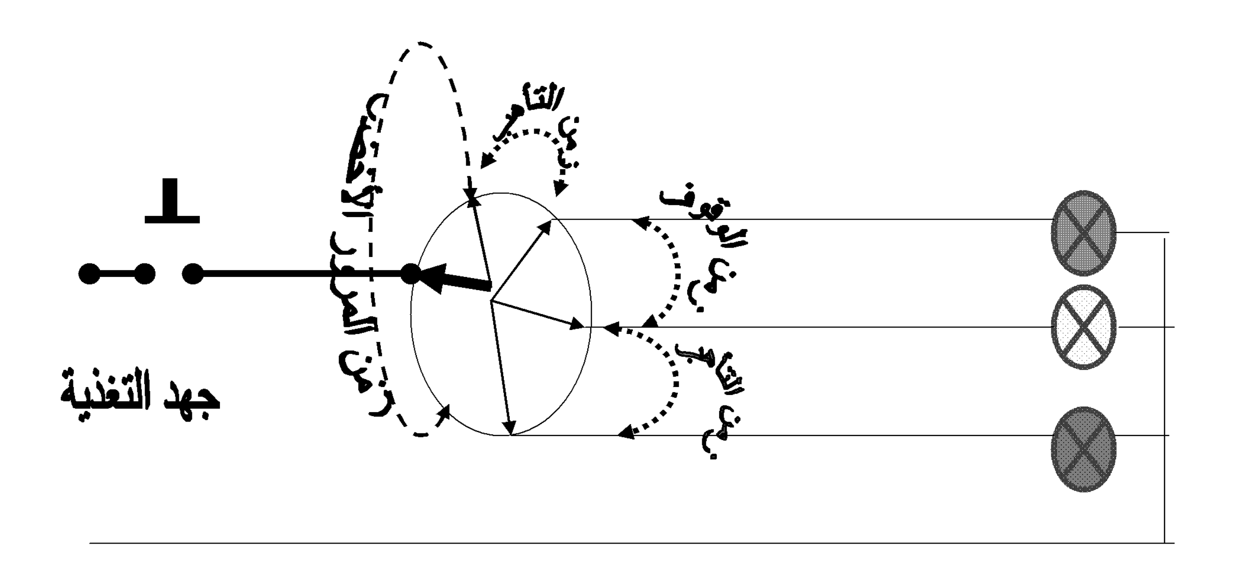
النوع الأول: التشغيل اليدوي

Manual Operation

هو ما يتم الاعتماد عليه في حالات حرجة والزحام المفاجئ في أوقات طارئة Emergency Times ويكون بديلا عن النوع التالي وهو ما يعتمد علي الخبرة البشرية Human Experience والحالة العامة لحركة المرور علي الطرق المتقاطعة سواء كان أحدهما أو أكثر من الطرق الرئيسية، عندئذ يكون العمل من خلال المنظومة (ON / OFF) .

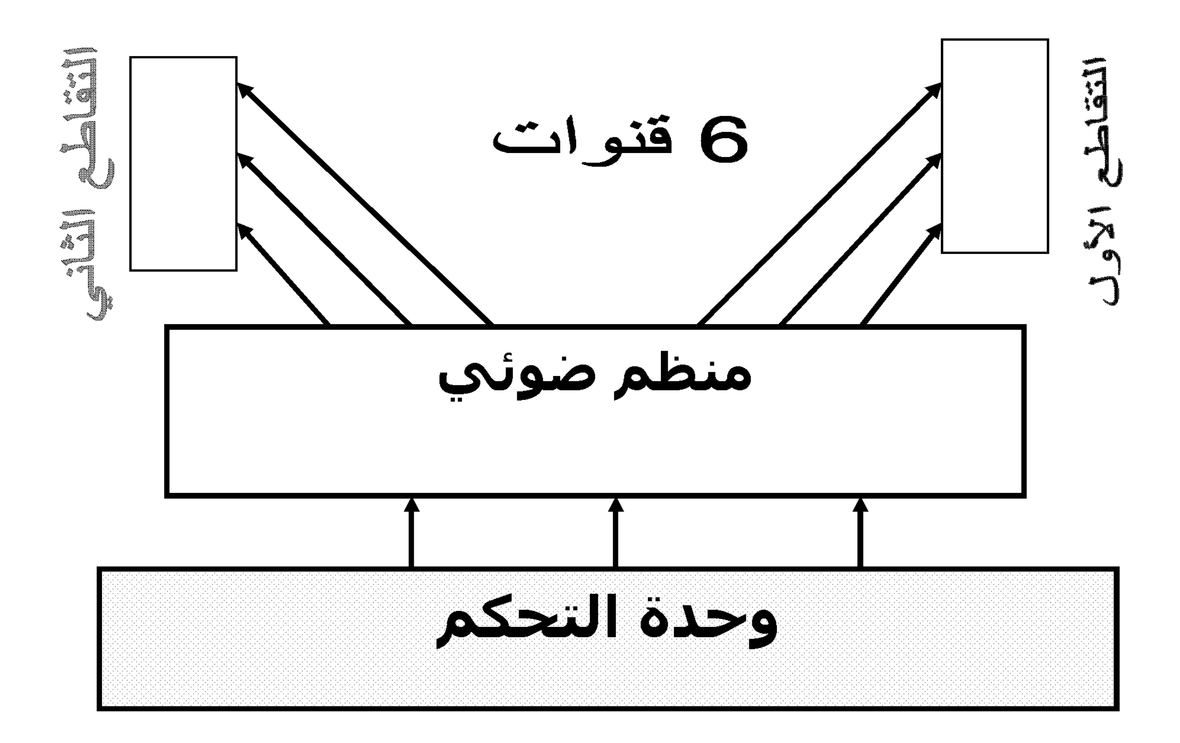
النوع الثاني: التشغيل الآلي
Automatic Operation

هذا النوع يترجم الخبرة البشرية إلي ضبط وإيقاع زمني Time Schedule يمكن تحديده من خلال ساعة زمنية وهي التي تجعل التشغيل للأضواء في الإشارة يزيد عن الآخر أو يتساوى معه وهو ما يجعل التعامل مع هذه الإشارات متاحا بأي من النوعين المحددين وقد يأخذ هذا التعامل من خلال نظام مبسط بتوصيل التوقيت في دوائر كهربائية لتشغيل الضوء المطلوب تبعا لدوره في الإشارة. وهو ما يتبع عمل الساعة الزمنية المتصلة بالدائرة علي التوالي مع مصباح الإشارة ويكون ذلك مبينا في الشكل رقم 4 - 19. ومن الشكل يظهر أن التوقيت الزمني متسلسل بشكل متتابع علي زمن الدوران الكلي للساعة التوقيتية فمثلا يكون الدوران الكلي عبارة عن 5 دقائق أي أن الدورة الزمنية هي 5 ق بينما تنقسم هذه الدقائق إلي 3 دقائق مرور أخضر ودقيقة ونصف الدقيقة وقوف وتتبقى نصف الدقيقة تنقسم إلي فترتين للون الأصفر ويعطي فترتي التأهب بزمن ربع دقيقة لكل منهما وتدور العقارب علي هذا النحو.



الشكل رقم 4-19 : تشغيل الساعة الزمنية للتوقيت الآلي لإشارة مرور

أما بالنسبة للدائرة الكهربائية فيكون المنبع عادة من تيار مستمر وبجهد قليل ويكون المفتاح لتشغيل الدائرة الآلية أو فصلها عند العمل اليدوي وهذا المفتاح يوصل الجهد الموجب إلي مؤشر الساعة الزمنية المتحرك، بينما هناك عددا من العقارب الثابتة عليها قد يكون ثلاث أو أكثر وكل منهم يضبط علي التوقيت المطلوب داخل الدورة الزمنية كما هو مبين علي الشكل. ومن ثم يصل العقرب (المؤشر) المتحرك وعليه الجهد ويتصل بالعقرب الثابت فور التلامس معه عند الوصول الزمني المحدد من قبل فينقل الجهد إلي المؤشر الثابت وهو متصل بالمصباح ذو اللون المحدد وهذه المصابيح الكهربائية جميعا متصلة بالطرف الثاني من المنبع فتقفل الدائرة الكهربائية ويضيء هذا المصباح. وهذا تم وضعه في هذا الإطار من الشرح لتوضيح أسس العمل مع الدوائر الحديثة متقدمة التقنية مثل تلك التي تخص الإضاءة المسرحية.



الشكل رقم 4-20

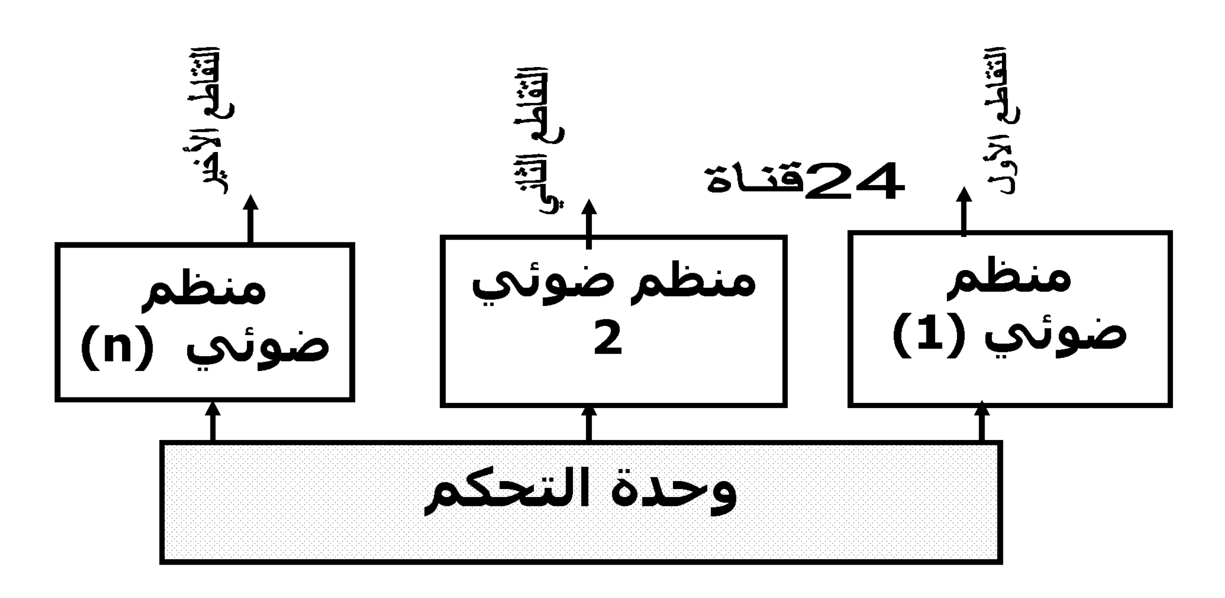
من هذا الشكل نستطيع وضع الدورة الزمنية للألوان علي النحو التالي: (1.5 ق أحمر + 0.25 ق أصفر + 3 ق أخضر + 0.25 أصفر) ويمكن الاعتماد علي منظومة الحاكمات المنطقية المبرمجة في التعامل مع كل هذه الصفات.

ثانيا: الطرق السريعة
High Ways

نأتي الآن للتعامل مع الإشارات في الطرق السريعة وليس المقصود هنا الإشارات في الموقع كل علي حدة بل نتدارس موضوع فتح الطريق أمام السيارات للسير في اتجاه الطريق السريع دون إعاقة من الإشارات المفردة عبر الطريق أي عدم توقف السيارة المتكرر ما دام الطريق السريع رئيسيا. فإذا نظرنا إلي الشكل رقم 4- 20 نجد أن التحكم الآلي من خلال وحدة التحكم الضوئي وتوصيل كل مصباح علي قناة مستقلة Channel من المنظم الضوئي فيكون التحكم سهلا وسريعا ولا يحتاج إلي متابع مادام العمل مسجلا بالذاكرة ويعمل تلقائيا بعد ضبطه حسب المطلوب ويظهر التحكم في إشارتين لتقاطعين متتاليين لطريق سريع. وهذا يستلزم تشغيل وحدة التحكم مع منظم ضوئي يخصص عليه ثلاث قنوات لكل إشارة بالطريق كي يتم إضاءة المصباح المحدد (أخضر – أصفر – أحمر) حسب الدور المقنن وبالتفاوت الزمني المطلوب والذي يعتمد علي بعد المسافة بين التقاطعين وهو بالتالي يتأثر بالسرعة المطلوبة للسيارات بينهما. ولذلك يوضع مقنن للسرعة بين الإشارتين حتى يستطيع قائد السيارة المرور من الإشارتين دون توقف وهذا كله من الأمور السهلة تبعا لما سبق شرحه بالنسبة للأضواء المسرحية، ويكون عدد القنوات معتمدا علي عدد المصابيح (الإشارات) المطلوب عملها مع المنظومة الآلية ككل.

من هذا الشكل المبسط نستطيع تفهم جوهر العمل الآلي لهذه الإشارات كما يمكن إضافة 6 قنوات أخري للاتجاهات المتقاطعة مع الطريق الرئيسي ويكون التزامن لها محددا ولا يتداخل مع الطريق الأصلي ويمكن زيادة عدد هذه القنوات عن ذلك إذا كان التقاطع ثلاثيا ويصبح في كل تقاطع عدد القنوات المطلوبة هو 9 وليس 6، ويبقي حساب السرعة المقننة كي تصل السيارات من الإشارة الأولي إلي الثانية في الزمن المسموح لتعبر من التقاطع قبل تغيير الضوء فيمنع المرور في الاتجاه السريع ، وبدخول كل الإشارات عند التقاطع وعددها 24 للتقاطع المزدوج يكون عدد القنوات في المنظم الضوئي

مساويا لعدد المصابيح الكهربائية كما هو موضح في الشكل رقم 4 - 21 حيث يتم تخصيص منظم ضوئي مستقل (24 قناة) لكل تقاطع.

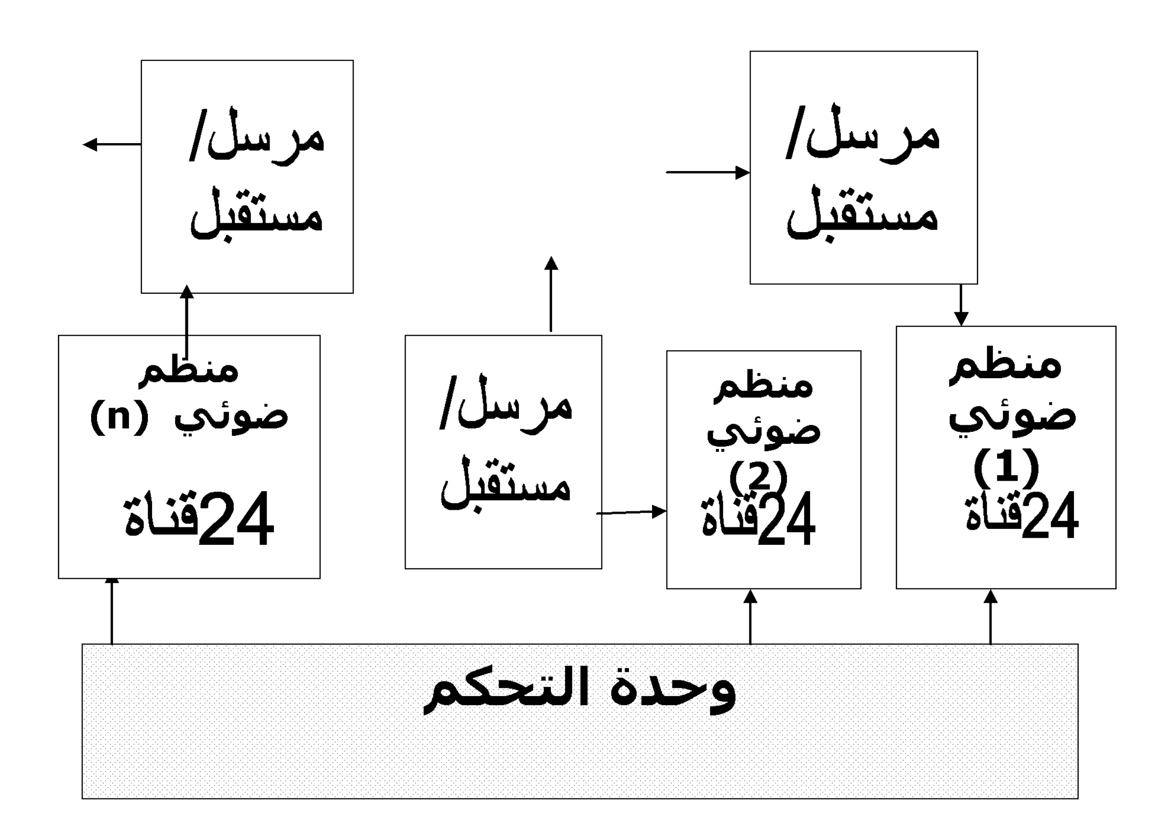


الشكل رقم 4-21

من هذا المبدأ نستطيع الانتقال إلي تشغيل الطرق السريعة داخل المدن مثل الطرق الدائرية أو الطرق الرئيسية في المدن الكبرى والعواصم ولكننا سوف نواجه مشكلة المسافات الطويلة لكابلات الإشارة والتي لا يسمح بأكثر من 300 متر. ومن ثم يدخل جهاز تشغيل البيانات Data Processing لكل مسافة قصوى فيرتفع السعر والتكلفة الكلية وهو ما يجعل الأسلوب الهوائي (اللاسلكي) الأفضل والأمثل في إتباعه بحيث يوضع عند كل إشارة مرسل / مستقبل (Transmitter/ Receiver)، فتقصر المسافات إلي الحدود المسموح بها وهو ما نوضحه في الشكل رقم 4-22 حيث يظهر هذا الجهاز المزدوج مع كل خروج ودخول إلي المنظم بينما تكون وحدة التحكم واحدة.

يتبقى إظهار التزامن بين المصابيح الكهربائية المختلفة في الإشارات المتتالية وبذات الإشارة علي النحو المبين في الشكل رقم 4-23 حيث تكون في التقاطع الواحد الإشارات. وكما هو مبين في الشكل حيث يبدأ اللون الأحمر كوضع ابتدائي ثم يبدأ اللون الأصفر علي ثلاث خطوات يليها اللون الأخضر

بينما يكون العكس تماما لهذه الألوان في الاتجاه المتعامد عليه في ذات التقاطع، ولا يتبقى إلا استكمال الدورة الزمنية لتشغيل الإشارات المتعددة المتتالية في طريق العودة إلي الوضع الابتدائي فنصل إلي اللون الأحمر مرة ثانية وتكون بذلك الدورة الزمنية قد تمت. وتبدأ من جديد بينما الوضع المعاكس يكون مع التقاطع إذا ما كانت المفارق مزدوجة الاتجاه فيكون الأحمر بدلا من الأخضر بينما يظهر الأصفر في آن واحد في كل الاتجاهات. يبين الشكل وضعا جديدا لم يظهر مع الساعة الزمنية للتشغيل الآلي السابق التعرض له في إشارة مرور حيث نجد:

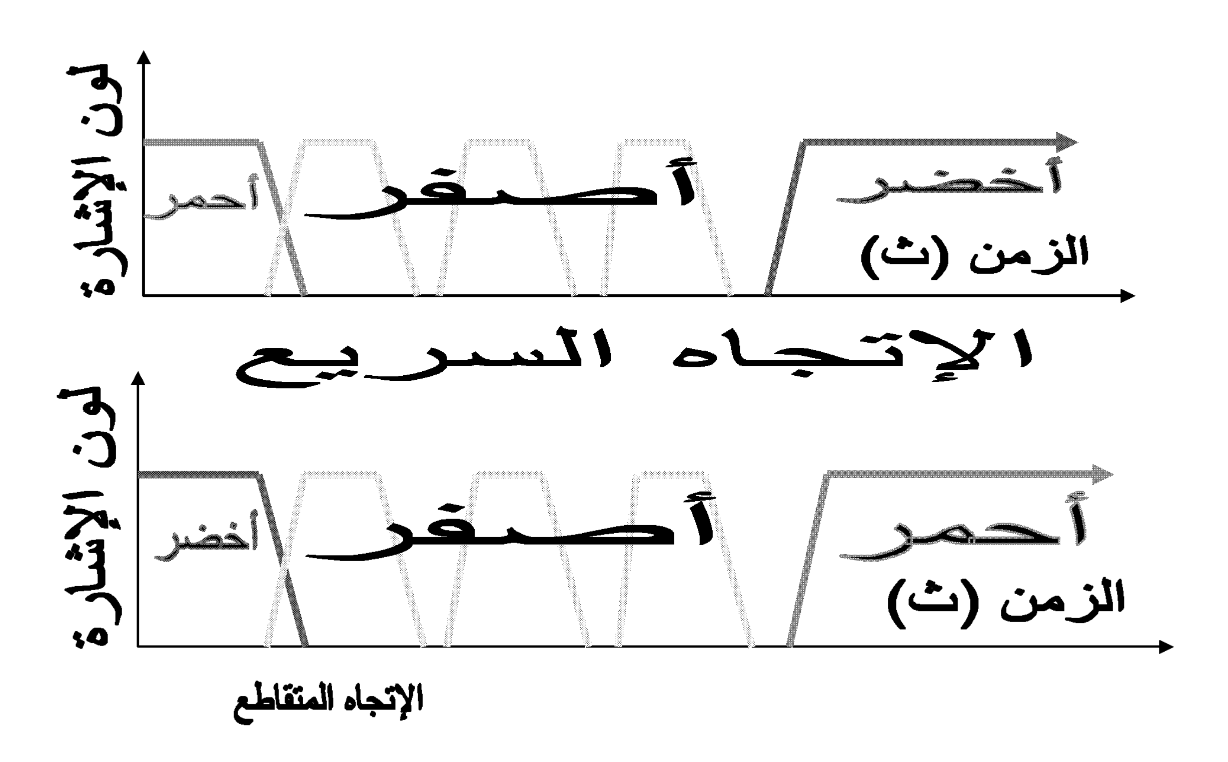


الشكل رقم 4-22

1- من الضروري وضع زمن البدء وزمن الانتهاء في كل عملية إضاءة حيث يكون عادة زمن البدء ثانية واحدة تقريبا بينما يصل زمن وقف الضوء في حدود 4 ث ويكون بذلك الزمن المتبقي للإضاءة الساطعة المحددة . كما نعبر عن الدورة هذه زمنيا بالألوان علي النحو: (5 ق

أحمر + 4 ث انتهاء أحمر مع 1 ث بدء أصفر + 10 ث أصفر + 4 ث انتهاء أصفر + 2 ث إظلام + 1 ث بدء أصفر + 10 ث أصفر + 4 ث انتهاء أصفر + 2 ث إظلام + 1 ث بدء أصفر + 10 ث أصفر + 4 ث انتهاء أصفر + 2 ث إظلام + 2 ث أخضر بدء + 10 ق أخضر + 4 ث انتهاء أخضر مع 2 ث بدء أحمر ليستمر 5 ق أحمر وتدور الدورة مرارا وباستمرار) ويكون بذلك زمن الدورة هو مجموع هذه الأزمنة أي 16 ق وثانيتين، كما يمكن ضبط هذه الأزمنة تبعا للظروف المرورية وتغيرها مع الزمن طوال اليوم (24 ساعة).

2- من الناحية الأخرى يمكن هنا الخلط بين الألوان فيكون اللون الأصفر (زمن التأهب) متداخلا مع اللون الأحمر كما يوضح الشكل هذا الوضع وقد يكون الفصل بين الألوان تماما هو المطلوب أيضا وكلاهما يمكن ضبطه حسب التعليمات والقوانين التي تحدد هذا التشغيل.

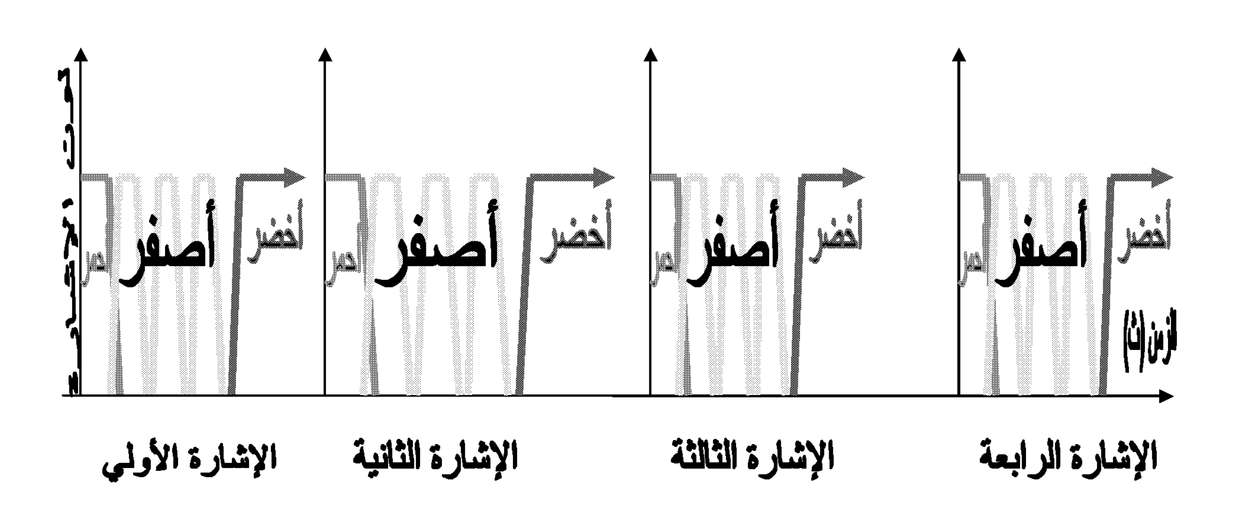


الشكل رقم 4-23

هناك أيضا التزامن للمصابيح في الإشارات المتتابعة علي الطريق السريع الواحد في اتجاه ما يسمى بالطريق الأخضر أي أن السيارة تسير دون توقف ويكون التسلسل الزمني للإضاءة كما نراه في الشكل رقم 4-24.

تتوالى الإشارات ولكن هنا يدخل معاملا جديدا في الحسبان حيث يتأثر الضبط الزمني بالسرعة المقننة للعبور في نهر الطريق السريع دون توقف ولما كان من السهل تثبيت السرعة أصبح جوهريا أن يتم حساب المسافات الطولية بين الإشارات لتتم هذه العملية بنجاح، فمثلا إذا تضاعفت المسافة البينية يكون من الهام بدء الدورة الآلية لتشغيل أضواء الإشارة بعد الزمن اللازم لوصول السيارات إليها أي يتضاعف عن المسافة السابقة وعموما فالعلاقة خطية وسهلة بين الزمن والسرعة المقننة.

من أهم العلامات المميزة في هذه المنظومة انخفاض القدرة إلي حد كبير يسمح بتشغيل عدد هائل من الإشارات والتي قد تعطي المدينة بل ويمكن إضافة الطرق المختلفة لنفس وحدة التحكم ولكنها بقنوات مستقلة وبتزامن آخر لا يعتمد علي الأول ومن ثم يمكن تخزين كل هذه الأزمنة وتشغيل الحركة الكاملة للتشغيل علي أقراص الحاسب الآلي وبالذاكرة أيضا كي تعمل بصفة دائمة بل ويمكن إضافة التوقيت المتغير أوقات الذروة وأيضا أوقات اللاحمل (بعد منتصف الليل إلي ما قبل الفجر).



الشكل رقم 4-24: التسلسل الزمني لإضاءة الإشارات في التقاطعات المتتالية

الباب الخامس

تطبيقات نمطية
Standard Applications

تحتاج النظرة الهندسية الثاقبة إلي التركيز علي الدوائر الكهربائية القياسية في تطبيقات الإضاءة ومنها العديد ونقدم منها مثالين لتحديد أبعاد القياس والاختبار مع التشغيل الفني السليم في البنود القادمة.

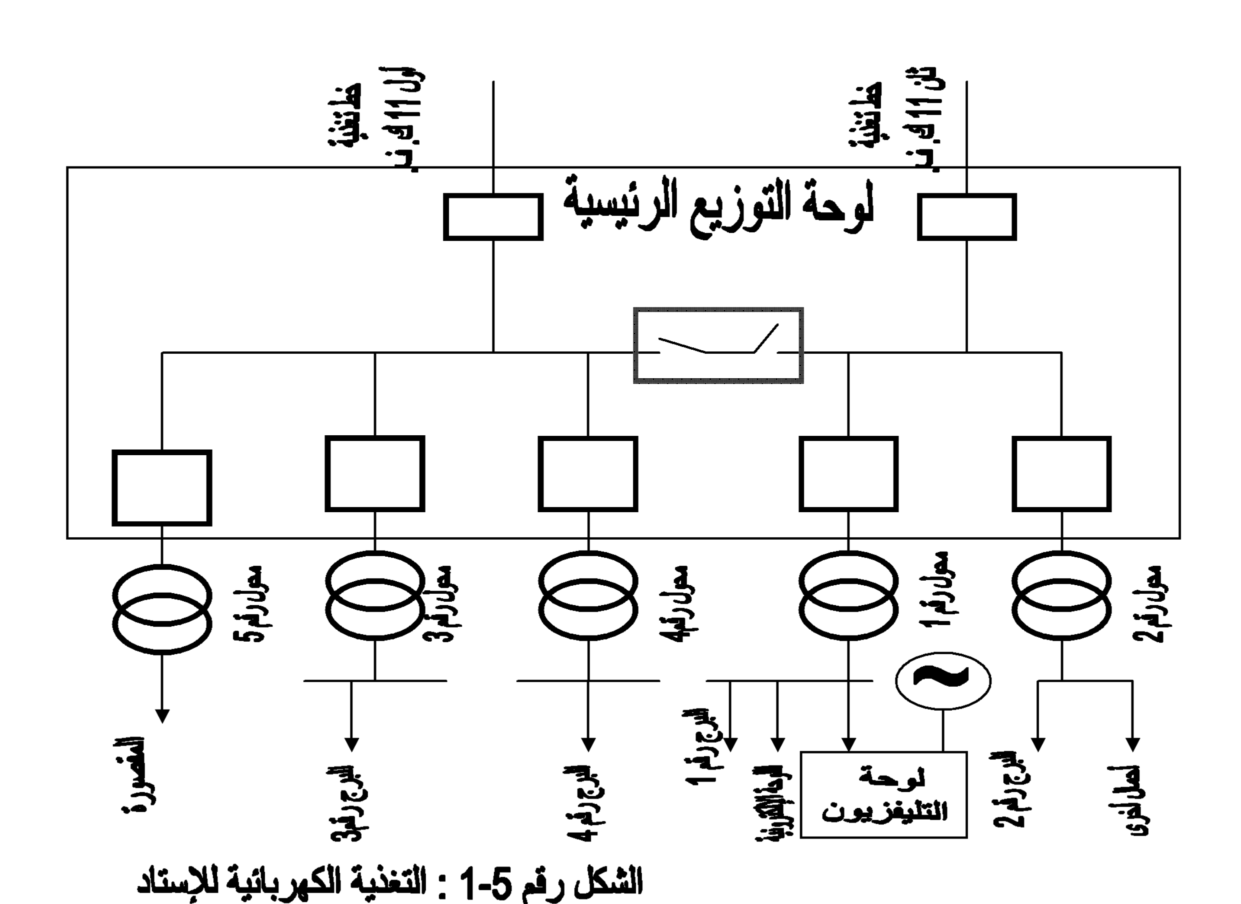
5 - 1: الإستاد الرياضي
Stadium

من الهام التوضيح بأنه تأتي التغذية الكهربائية للأحمال المختلفة داخل الموقع (مثل إضاءة الملاعب – المدرجات - المقصورة – غرف اللاعبين والحمامات وأجهزة التكييف والمكاتب الإدارية ومركز الإعلام بشبكات الإنترنت – المخازن والبدروم والطرقات وغيرها) من خطين رئيسيين لي الجهد العالي للتوزيع (11 ك. ف.).

يجب أن يكون كلا منهما متصلا بجهة تختلف عن الآخر ليعطي مزيدا من الاعتمادية أي أنه يلزم مصدرين للتغذية مختلفين لضمان استمرارية التغذية ويوضح ذلك ما جاء في الشبكة الكهربائية العامة لمثل هذه المواقع إضافة إلي مولد احتياطي (أو أكثر) بالموقع استكمالا لضمان التغذية مع أية احتمالات لقطع التيار بالشبكة القومية. وتتم عملية توزيع الأحمال الكهربائية بنظام محوري إضافة إلي وضع إمكانية الربط فيما بين هذه الخطوط المحورية عند الضرورة.

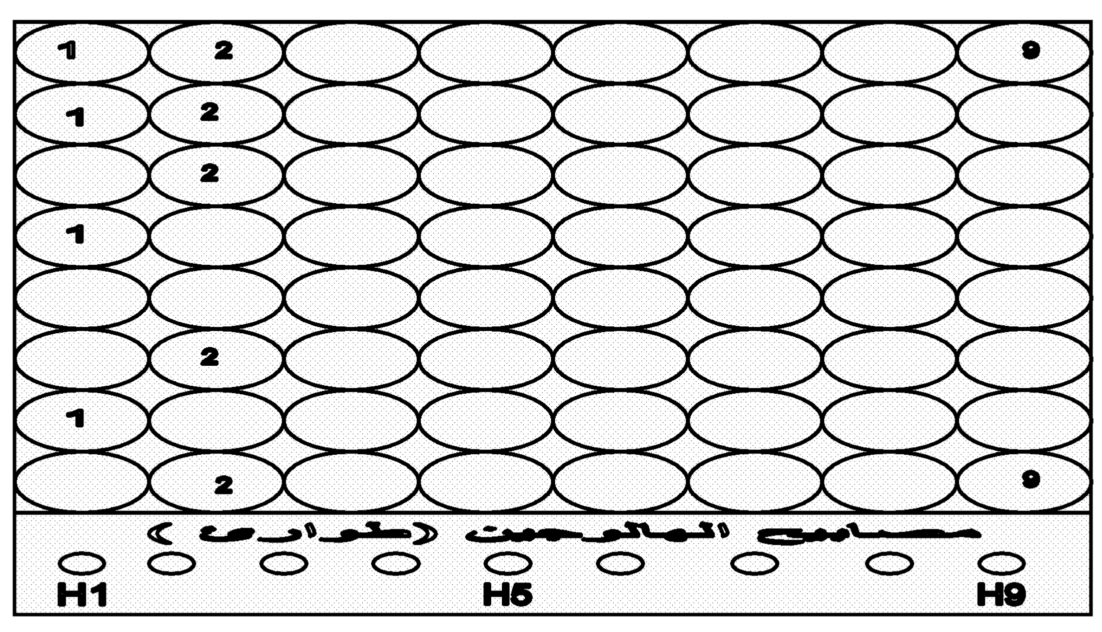
تتوزع الأحمال بشكل نمطي علي دوائر بقواطع كهربية ذات مقننات (10 – 16 – 20 – 32 – 40) أ مع مفتاح ثلاثي 380 ف بتيار (62 – 320) أ ومفتاح 25 – 32 أ إضافة إلي المفتاح الرئيسي 250 أ بلوحة التوزيع الرئيسية (الشكل رقم 5-1)، أما بالنسبة للإضاءة فمنها إضاءة المكاتب والغرف

المختلفة تبعا للإضاءة المعتادة (غالبا الفلورسنت) ولكن الجديد منها هنا هو إضاءة الملاعب والتي تتم من خلال أربعة أبراج منهما اثنان كبيران (في مواجهة مدرجات الدرجة الثالثة) وآخران صغيران (في مواجهة المقصورة وأجهزة التصوير التليفزيوني). يكون المقتن للبرج الكبير هو (100 كشاف × 2 ك. و.) أي 200 ك. و. بصفة أساسية إضافة إلي (9 كشافات هالوجين × 1.5 ك. و.) بمقدار 13.5 ك. و. للتشغيل الطارئ عند اللزوم حيث أنها تتميز بسرعة البدء (بدء فوري) إلي أن يتم تسحين الكشافات الأساسية بالإستاد ويتم تغذية كل برج بمحول مستقل بقدرة 500 ك. ف. أ. وبالمثل يشمل كل برج صغير 60 كشاف × 2 ك. و. + 9 كشاف هالوجين × 1.5 ك. و. بقدرة إجمالية 133.5 ك. و. وله محول 350 ك. ف. أ. وتقع هذه الأبراج الأربعة عند الأركان الأربعة للملعب كي يكون التوزيع الضوئي متجانس بالملعب (الشكل رقم 5-2).



الشكل رقم 5-1 : التغذية الكهربائية للإستاد

مصابيح الإنارة علي الأبراج تحتاج إلي مكثفات لتحسين معامل القدرة حفاظا علي القدرة المستهلكة ولذلك يلزم تشغيلها عن طريق الدائرة الكهربائية النمطية المشار إليها في الشكل 5-3 حيث تتواجد الملفات بقدرات عالية في دائرة التشغيل وكلها تعمل علي الطور الواحد بجهد 220 ف.



الشكل رقم 5-2 : توزيع مصابيح الإنارة علي البرج

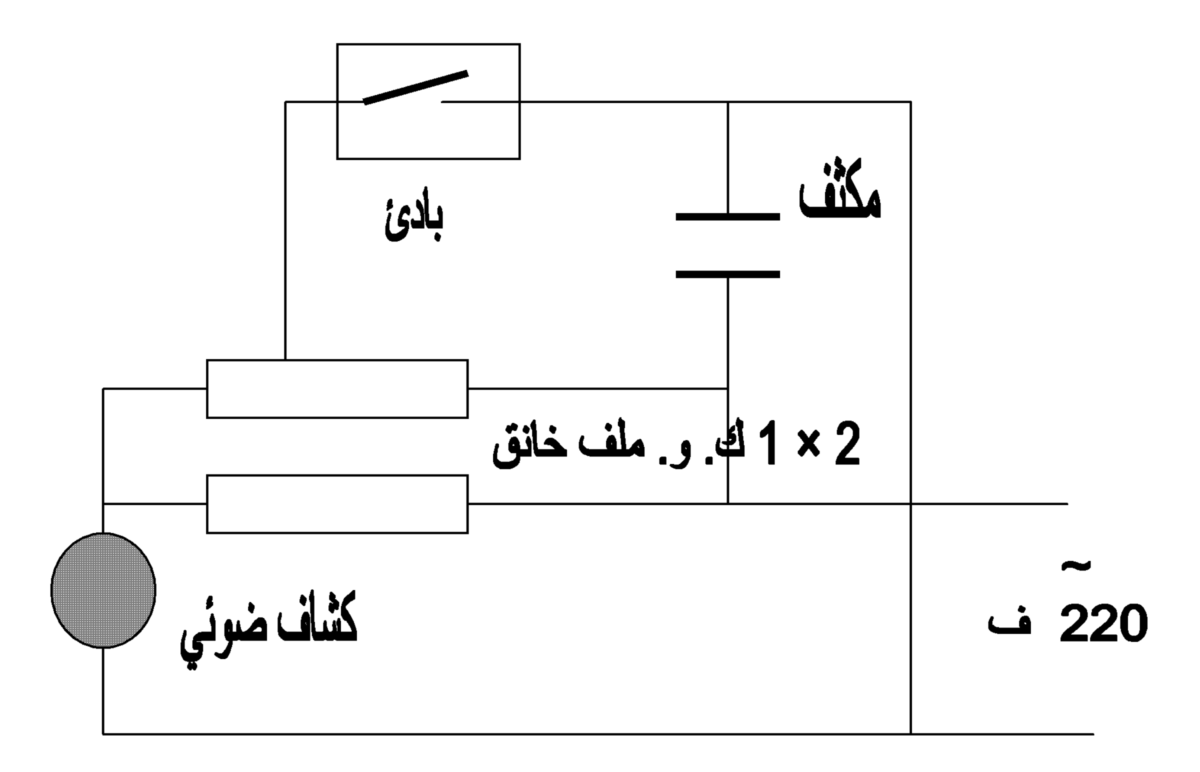
5 - 2: المركبات

يوجد مصدران للطاقة الكهربائية في أي من وسائل النقل والانتقال هما البطارية و المولد (الدينامو) وذلك لتغذية الأحمال المطلوبة في المركبات بشكل عام بما فيها الطائرات والسفن والقطارات المكهربة والمترو وغير ذلك من الوسائل، ويحصل الدينامو علي الطاقة الديناميكية من الحركة الدائرية المتوفرة من تشغيل المحركات (الاحتراق الداخلي) ويغذي بها الأحمال وقت الدوران بل ويقوم بشحن البطارية الموجودة أيضا ولكنه يتأثر بشكل كبير بسرعة الدوران التي تعتمد علي سرعة المركبة بينما يحتاج إلي وسيلة تبريد مباشرة كي يؤدي واجبة بكفاءة عالية.

أما البطارية فهي عادة تعمل علي القطب الموجب مع توصيل السالب بجسم المركبة لاستكمال الدائرة المقفولة مع أقل تكلفة في الموصلات الكهربائية بالرغم من أن هناك جهات فنية تتبع العكس في

الأقطاب لأن التفاعل الكيميائي عند القطب الموجب أكبر تأثيرا مما يجعل التوصيل علي الجهة السالبة أفضل ولكن ذلك له من التأثير السالب علي الأطراف، ومن ثم ظهر نظام ثالث وهو تبادل التوصيل بين القطبين مع ضرورة التعامل بأسلوب هندسي سليم مع الأقطاب والأطواق الخاصة بهما.

من الناحية الأخرى تعمل الإضاءة في المركبات علي محورين (اَلإضاءة الثابتة والثانوية) نضعها في إيجاز علي النحو المبين فيما بعد .



الشكل رقم 5 - 3 : الدائرة الكهربائية لتشغيل كشاف الملاعب

أولا : الإضاءة الثابتة

تختص الإضاءة الثابتة بالإنارة الليلية اللازمة لحركة المركبة وتتنوع إلي:

1- تحديد أبعاد المركبة

يتم ذلك من خلال مصابيح صغيرة القدرة بجهد 12 ف مستمر وتعمل علي الأركان الأربعة للمركبة (2 أمام و 2 خلف) فهي مصابيح بيضاء في الأمام وحمراء في الخلف ولا نحتاج إلي شدة إضاءة لأنهم يؤدون الواجب المنوط بهم وهو تحديد أبعاد المركبة سواء للمواجه أو القادم خلفا.

2- إضاءة الطريق أمام المركبة

تمثل إضاءة الطريق من أهم العوامل التي تؤثر في سلامة المركبة ومن فيها بجانب المارة أو الراجلين بمركبات أخرى ولذلك يلزم أن تكون شدة الإضاءة عالية المستوى مع التركيز التام بالجزء المراد إنارته أمام قائد المركبة بشرط ألا يضر بالقائد في المواجهة، ومن ثم توضع كشافات ذات طابع خاص بالمركبات حيث يحتوي الكشاف الواحد علي فتيلتين ممركزتين . الفتيلة الأولي قليلة الضوء وممركزة لتعطي الإضاءة إلي مسافة قصيرة أما الثانية فتوضع في بؤرة العاكس تماما وشديدة الإضاءة وتعطي الإنارة إلي مسافات بعيدة ويجب ألا تصل إلي حد الإبهار كي لا تؤذي القائد بالمركبة المواجهة ، وبذلك يجوز تبادل مستويي المصباح (الكشاف الأمامي) عند عبور المركبات بالمواجهة وتعتمد السرعة علي مستوى الرؤية نتيجة الضوء الناتج من الكشاف ويوجد منها أنواع مقاومة للضباب ولكنها مبهرة ولا يجوز استخدامها إلا في الضباب، ويتم اختبار وضبط الكشافات الضوئية بالنسبة للمركبات بتحديد مستويي أشعة الضوء الصادر عن الفتيلتين. من جهة أخرى يلزم وضع مصباح صغير وباللون الأبيض بجوار اللوحة المعدنية للمركبة حتى يسهل قراءتها.

ثانيا: الإضاءة المساعدة

تتنوع أيضا هذه النوعية من الإضاءة تبعا للغرض منها وهي:

1- إضاءة ثابتة بيضاء

تختلف عن الإضاءة الثابتة لأننا هنا بصدد التعامل الوقتي لظرف معين وهو ما يستخدم أثناء السير إلي الخلف ولكي تصبح الرؤية معقولة فيجب أن تكون الإضاءة باللون الأبيض وتصدر من مصابيح عادية

قليلة القدرة مثل المصابيح الكهربائية الأربعة اللازمين لتحديد أبعاد المركبة ويرافق هذا الضوء التحذير الصوتي تنبيها لمن يجاور المركبة في الخلف والذي قد يكون في المنطقة المعتمة بالنسبة لقائد المركبة، كما يلزم إضاءة عدادات القياس داخل المركبة مثل درجة حرارة المحرك أو أداء الدينامو وحالة تشغيل البطارية (تغذية – أو استهلاك) وغيرها، ونحتاج إلي هذه المصابيح ليلا فقط.

2- إضاءة طوارئ

تتباين هذه النوعية في نطاق شاسع:

أ) ضوء الفرملة

هذا النوع هام لتنبيه القادمين من الخلف عن التوقف المفاجئ كي يتخذ الاحتياطات الواجبة وبسرعة مناسبة وهو يعمل ليلا ونهارا ويعمل مع كل توقف وهو ضوء ضئيل القدرة ويتبع اللون الأحمر للتحذير.

ب) ضوء الدوران أو الانحراف

يستعان بالمصباح الأصفر لتحديد الجهة التي ستنحرف إليها المركبة وهي مصابيح بسيطة القدرة ولا تستعمل إلا عند الانحراف يمينا أو يسارا أو الدوران للخلف.

ج) ضوء الأعطال

يستخدم هذا النوع في حالة وجود عطل بالمركبة وقد تتوقف أثناء السير إضافة إلي أنها قد تعطي إفادة للمركبات القادمة لرؤية المركبة ويستعان في هذه العملية بأربعة مصابيح عند الأركان الأربعة للمركبة ولكنها باللون الأصفر معلنة أن هناك مركبة بجانب أنها قد تكون معطلة أو تحت ظرف التوقف المفاجئ وهي مصابيح عادية قليلة القدرة وتعمل بأسلوب الرعشة الضوئية.

د) ضوء فتح الأبواب

هي إضاءة داخلية عندما يتم فتح أحد الأبواب وهذه الخاصية هامة جدا للقائد لتحذيره أثناء السير إذا ما تم فتح أحد الأبواب كي يتوقف ويقوم بالغلق التام لجميع الأبواب.

وحيث أن الدائرة الكهربائية الخاصة بالمركبة ووسائل الحماية علي كل منها تعمل بالمبدأ المحوري في توزيع الطاقة الكهربائية كل بدائرة مستقلة ويجدول الجدول رقم 5 -1 بيانات وأجزاء الدائرة الكهربائية هذه.

جدول رقم 5-1 : بيان بالأجزاء الداخلة في الدائرة الكهربائية

م	البيان	م	البيان	م	البيان
1	مقطع	10	مصباح متنقل	19	قاطع رئيسي للبطاريات
2	بطارية	11	مصباح بيان للإضاءة البعيدة	20	
3	دينامو	12	جهاز تنبيه صوتي	21	قاطع البطاريات بالقدم
4	مقاومة مراقبة شموع التسخين المبدئي	13	تماس الإشعال الرئيسي و مصباح بيان الشحن	22	مآخذ التيار آخذ (فيشه)
5	كشافات ضوئية أمامية	14	عاكس مؤشرات الاتجاه	23	مصهر
6	مصابيح ذات ضوء ممتد	15	قاطع الإضاءة	24	مآخذ التيار
7	كشاف	16	قطاعات	25	مؤشرات الاتجاه
8	أضواء خلفية	17	مفتاح تشغيل جهاز التنبيه	26	ماسحة الزجاج
9	إضاءة لوحة التوجيه (التابلوه)	18	قاطع ضوء الإيقاف		

References المراجع

آسر علي زكي وحسن الكمشوشي : هندسة الإضاءة .
مجلة المهندسون - العدد 49 ، 54
محمد حامد : التركيبات الكهربائية – الهيئة العامة للأبنية التعليمية – 1998
كاميليا يوسف محمد : الإضاءة وتوفير الطاقة –

N. V. Suryaga Rayana : Utilization of Electric Power
Lighting Technology – A Guide for The Entertainment Industry – Brainfitt & Doe Thornley
Cayless & Marsdan : Lamps & Lighting
Michael Neidle : Emergency & Security Lighting – 1988
Marc Schiler : Simplified Design – Building Lighting – 1992
Siemens Lighting Catalogue - 1994
Glamox Lighting Catalogue – 1994
EGS Electrical Group ECM France.
Recommended Practice for DMX 512, Professional Light & Sound Association (PLASA)

رقم الإيداع 14899 / 2001